



TUGAS AKHIR - RE 141581

IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR KALI SURABAYA SEGMENT TAMBANGAN CANGKIR - BENDUNGAN GUNUNG SARI DENGAN PEMODELAN QUAL2KW

NUR AINI FEBRIYANA

3312100025

Dosen Pembimbing :

Dr. Ali Masduqi, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – RE 141581

**IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR
KALI SURABAYA SEGMENT TAMBANGAN CANGKIR –
BENDUNGAN GUNUNGSARI DENGAN PEMODELAN
QUAL2KW**

NUR AINI FEBRIYANA
3312100025

Dosen Pembimbing
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – RE 141581

**DETERMINATION OF POLLUTION LOAD CAPACITY IN
SURABAYA RIVER AT CANGKIR TAMBANGAN TO
GUNUNGSARI DAM SEGMENT USING QUAL2KW
MODELLING**

NUR AINI FEBRIYANA
3312100025

Supervisor
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR
KALI SURABAYA SEGMENT TAMBANGAN CANGKIR –
BENDUNGAN GUNUNGSARI DENGAN PEMODELAN QUAL2KW**

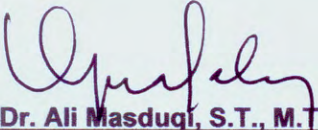
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

NUR AINI FEBRIYANA
NRP. 3312100025

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :


Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.
NIP. 196801281994031003



IDENTIFIKASI DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR KALI SURABAYA SEGMENT TAMBANGAN CANGKIR– BENDUNGAN GUNUNGSARI DENGAN PEMODELAN QUAL2KW

Nama Mahasiswa : Nur Aini Febriyana
NRP : 3312100025
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Kali Surabaya merupakan salah satu sungai yang dijadikan sumber air baku oleh PDAM Kota Surabaya. Selain itu, keberadaan Kali Surabaya sangat penting bagi keberlangsungan perekonomian dan kelangsungan hidup bagi masyarakat, industri, pertanian, dan niaga di sekitar bantaran kali. Peningkatan pembuangan limbah industri maupun limbah domestik dapat menurunkan kualitas air Kali Surabaya. Oleh karena itu diperlukan upaya pengelolaan kualitas air Kali Surabaya, terutama penentuan daya tampung dan beban pencemaran air Kali Surabaya dengan Metode QUAL2Kw.

Metode QUAL2Kw diawali dengan penentuan 5 segmen. Selanjutnya dilakukan analisis data hidrolis, kualitas air, dan sumber pencemar, penentuan skenario yang digunakan, running program QUAL2Kw dan perhitungan daya tampung beban pencemaran. Parameter kualitas air sungai yang digunakan meliputi: temperatur, pH, DO, BOD, COD, TSS, Fosfat, Nitrat, dan Amonium. Aplikasi metode QUAL2Kw dalam mengevaluasi Kali Surabaya dengan simulasi 6 skenario menghasilkan air kualitas Kali Surabaya tercemar dan tidak memenuhi baku mutu air kelas II sehingga harus dilakukan upaya penurunan beban pencemaran.

Parameter yang memiliki daya tampung hanya meliputi Nitrat, dan Amonium. Perhitungan daya tampung beban pencemaran maksimum untuk parameter Nitrat sebesar 21414,730 kg/hari, parameter Amonium sebesar 468,073 kg/hari. Sedangkan daya tampung minimum parameter Nitrat sebesar 1,733 kg/hari dan parameter Amonium sebesar 120,666 kg/hari. Beban pencemaran air Kali Surabaya yang harus diturunkan sebesar 65518,647 kg/hari untuk parameter TSS, BOD sebesar 6896,759 kg/hari, dan Fosfat sebesar 357,707 kg/hari.

Kata Kunci: *Beban pencemaran, Daya tampung, Kualitas air, Pemodelan QUAL2Kw.*

DETERMINATION OF POLLUTION LOAD CAPACITY IN SURABAYA RIVER AT CANGKIR TAMBANGAN TO GUNUNGSARI DAM SEGMENT USING QUAL2KW MODELLING

Name : Nur Aini Febriyana
NRP : 3312100025
Departement : Enviromental Engineering
Supervisor : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

ABSTRACT

Surabaya River is one of the rivers which became a source of raw water by PDAM's Surabaya. Moreover, the existence of Surabaya River is essential for economic sustainability and viability for communities, industry, agriculture, and commerce around the river. Increasing of industrial waste and domestic waste can degrade on water quality of Surabaya River. Therefore, it required effort Surabaya River in water quality management, especially the determination of pollution load capacity Kali Surabaya QUAL2Kw method.

QUAL2Kw method begins with determining the 5 segments. Therefore, analysis hydraulic data, water quality and pollution sources, the determination of the scenarios used, running programs and calculation QUAL2Kw pollution load capacity. River quality parameters that are used include: temperature, pH, DO, BOD, COD, TSS, Phosphate, Nitrate and Ammonium. Application QUAL2Kw methods for evaluated of Surabaya River with 6 simulation to produce water quality Surabaya River is polluted and does not meet the water quality standard's ini second class should be made an effort to decrease pollution load.

Parameters which has a capacity of only includes Nitrate and mmonium. The calculation of the maximum pollution load capacity for Nitrate parameters of 21414.730 kg / day and Ammonium parameters of 468.073 kg / day. While, the minimum capacity of 1,733 Nitrate parameter kg / day and Ammonium parameter sebersar 120.666 kg / day. Pollution load capacity Surabaya River water pollution should be lowered reach 65518.647 kg / day for the parameters of TSS, BOD of 6896.759 kg / day, and phosphates of 357.707 kg / day.

Key word(s) : *Load Capacity, Pollution determinant, QUAL2Kw Modelling, Water quality.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke-hadirat Allah SWT atas limpahan, rahmat dan berkat-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Judul Proposal tugas akhir ini adalah "Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari dengan Pemodelan QUAL2Kw" dimana judul ini diajukan sebagai syarat dalam memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang membantu dan memberikan masukan pada tugas akhir ini.
2. IDAA Warmadewanthi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan atas segala semangat dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melaksanakan Tugas Akhir.
3. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkodihardjo, M.Sc.E.S.; Dr. Ir. Mohammad Razif, M.M.; dan Alfian Purnomo S.T., M.T., selaku dosen dosen penguji yang selalu memberikan arahan.
4. Bapak Elmi Sumiyarsono, Pegawai BLH Provinsi Jawa Timur yang telah banyak membantu dalam pengambilan data dan *sampling*.
5. Kedua orang tua, keluarga dan sahabat yang selalu memberikan motivasi dan dukungannya.
6. Seluruh pihak yang selalu mendukung dan memberikan bantuan dan masukan kepada penulis.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2016

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Kali Surabaya	5
2.2 Sumber Pencemaran Air	6
2.3 Standar Baku Mutu	8
2.4 Parameter Kualitas Air	10
2.4.1 Suhu	11
2.4.2 Total Suspended Solid (TSS)	11
2.4.3 Derajat Keasaman (pH)	12
2.4.4 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	13
2.4.5 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	14
2.4.6 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	14
2.4.7 Amonium	15
2.4.8 Nitrat	16
2.4.9 Fosfat	16
2.5 <i>Self Purification</i>	17
2.6 Daya Tampung Beban Pencemaran	18
2.7 Model QUAL2Kw	24
2.8 Kajian Terdahulu	26
2.8.1 Aplikasi QUAL2Kw di Sungai Bagmati-Nepal pada tahun 2007	26
2.8.2 Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung pada tahun 2011	26
2.8.3 Aplikasi QUAL2Kw Pada Studi Permodelan Kualitas Air Kali Surabaya pada tahun 2011	27

2.8.4	Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw pada tahun 2012	27
2.8.5	Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Mangetan Kanal Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw pada tahun 2013	28
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Kerangka Pelaksanaan Penelitian.....	29
3.2	Langkah Pelaksanaan Penelitian	30
3.2.1	Ide Tugas Akhir.....	30
3.2.2	Studi Literatur.....	30
3.2.3	Penentuan Lokasi Penelitian	30
3.2.4	Pengumpulan Data	31
3.2.5	Pengujian Kualitas Air.....	32
3.2.6	Model QUAL2Kw	35
3.2.7	Perhitungan Daya Tampung.....	39
3.2.8	Kesimpulan dan Saran	39
3.2.9	Penyusunan Laporan.....	39
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Observasi Lapangan	41
4.2	Segmentasi Sungai	41
4.3	Kondisi Kali Surabaya	44
4.3.1	Kondisi Hidrolis	44
4.3.2	Kondisi Debit Kali Surabaya	44
4.3.3	Kondisi Kualitas Air Kali Surabaya	45
4.3.4	Kondisi Kualitas Sumber Pencemar	46
4.2	Penggunaan Air Kali Surabaya	47
4.3	Pembentukan Model.....	48
4.4	Kalibrasi Model	49
4.5	Simulasi Kualitas Air.....	63
4.5.1	Skenario 1.....	63
4.5.2	Skenario 2.....	68
4.5.3	Skenario 3.....	72
4.5.4	Skenario 4.....	77
4.5.5	Skenario 5.....	81
4.5.6	Skenario 6.....	86
4.6	Daya Tampung Beban Pencemaran	90
4.7	Penurunan Beban Pencemaran	96

BAB V PENUTUP	97
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	xix

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Kualitas Kali Surabaya Tahun 2014	6
Tabel 2. 2 Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas	9
Tabel 2. 3 Data Daya Tampung Segmen Kali Surabaya	28
Tabel 3. 1 Segmentasi Penelitian	31
Tabel 3. 2 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Contoh Air	34
Tabel 3. 3 Pengujian Parameter Berdasarkan SNI	35
Tabel 3. 4 Teknik Simulasi	37
Tabel 4. 1 Pembagian Segmen Kali Surabaya	41
Tabel 4. 2 Kondisi Hidrolis Kali Surabaya	44
Tabel 4. 3 Kualitas Air Kali Surabaya	45
Tabel 4. 4 Kualitas Air dari Sumber Pencemar <i>Point Source</i>	46
Tabel 4. 5 Penggunaan Air dari Point Source	47
Tabel 4. 6 Parameter Kualitas Air yang Dimodelkan	49
Tabel 4. 7 Koefisien Model yang Terverifikasi	62
Tabel 4. 8 Rentang Nilai Koefisien Tipikal	62
Tabel 4. 9 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 1	67
Tabel 4. 10 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 2	72
Tabel 4. 11 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 3	76
Tabel 4. 12 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 4	81
Tabel 4. 13 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 5	85
Tabel 4. 14 <i>Worksheet WQ Out Data</i> Simulasi Skenario 6	90
Tabel 4. 15 <i>Sources Summary</i> Skenario 1	91
Tabel 4. 16 <i>Sources Summary</i> Skenario 2	91
Tabel 4. 17 <i>Sources Summary</i> Skenario 3	92
Tabel 4. 18 <i>Sources Summary</i> Skenario 4	92
Tabel 4. 19 <i>Sources Summary</i> Skenario 5	92
Tabel 4. 20 <i>Sources Summary</i> Skenario 6	92
Tabel 4. 21 Beban Pencemaran Skenario 1	93
Tabel 4. 22 Beban Pencemaran Skenario 2	93
Tabel 4. 23 Beban Pencemaran Skenario 3	93
Tabel 4. 24 Beban Pencemaran Skenario 4	94
Tabel 4. 25 Beban Pencemaran Skenario 5	94
Tabel 4. 26 Beban Pencemaran Skenario 6	94
Tabel 4. 27 Daya Tampung Kali Surabaya (Eksisting)	95
Tabel 4. 28 Daya Tampung Kali Surabaya (Jika Hulu Memenuhi Baku Mutu Kelas II)	95
Tabel 4. 29 Penurunan Beban Pencemaran	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kali Surabaya	5
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian.....	32
Gambar 3. 3 Contoh Pengambilan Sampel di Sungai (a) Denah; (b) Potongan	33
Gambar 4. 1 Segmen 1-2	42
Gambar 4. 2 Segmen Tambangan 2-3	42
Gambar 4. 3 Segmen 3-4	43
Gambar 4. 4 Segmen 4-5	43
Gambar 4. 5 Fluktuasi Debit DAM Mlirip - Mojokerto.....	44
Gambar 4. 6 Fluktuasi Debit Bendungan Gunungsari - Surabaya.....	45
Gambar 4. 7 Kolom <i>Hydraulic Model</i> pada <i>Worksheet Reach</i>	51
Gambar 4. 8 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Debit Sungai	52
Gambar 4. 9 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Kecepatan Aliran Sungai	52
Gambar 4. 10 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Kedalaman Sungai	53
Gambar 4. 11 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	54
Gambar 4. 12 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD)	55
Gambar 4. 13 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	56
Gambar 4. 14 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Fosfat	60
Gambar 4. 15 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Nitrat	58
Gambar 4. 16 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Amonium	57
Gambar 4. 17 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	59
Gambar 4. 18 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter pH	60
Gambar 4. 19 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Temperatur	61
Gambar 4. 20 <i>Fitness</i> pada <i>Worksheet Rates</i>	62
Gambar 4. 21 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	64
Gambar 4. 22 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	64
Gambar 4. 23 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	65
Gambar 4. 24 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	65
Gambar 4. 25 Profil NO ₃ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	66
Gambar 4. 26 Profil PO ₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	66
Gambar 4. 27 Profil NH ₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1	67

Gambar 4. 28 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	68
Gambar 4. 29 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	69
Gambar 4. 30 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	69
Gambar 4. 31 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	70
Gambar 4. 32 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	70
Gambar 4. 33 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	71
Gambar 4. 34 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2	71
Gambar 4. 35 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	73
Gambar 4. 36 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	73
Gambar 4. 37 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	74
Gambar 4. 38 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	74
Gambar 4. 39 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	75
Gambar 4. 40 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	75
Gambar 4. 41 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3	76
Gambar 4. 42 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	77
Gambar 4. 43 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	78
Gambar 4. 44 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	78
Gambar 4. 45 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	79
Gambar 4. 46 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	79
Gambar 4. 47 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	80
Gambar 4. 48 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4	80
Gambar 4. 49 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	82
Gambar 4. 50 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	82
Gambar 4. 51 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	83
Gambar 4. 52 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	83
Gambar 4. 53 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	84
Gambar 4. 54 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	84
Gambar 4. 55 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5	85
Gambar 4. 56 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	86
Gambar 4. 57 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	87
Gambar 4. 58 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	87
Gambar 4. 59 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	88
Gambar 4. 60 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	88
Gambar 4. 61 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	89
Gambar 4. 62 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6	89

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya merupakan kota pemerintahan Provinsi Jawa Timur yang padat dengan berbagai aktivitas. Kegiatan domestik, pemerintahan maupun industri, terjadi secara bersamaan. Setiap kegiatan tersebut memerlukan air sebagai sarana pendukungnya. Disisi lain, air baku untuk air minum Kota Surabaya diperoleh dari air permukaan (badan air) yang mengalir di Kota Surabaya. Kali Surabaya merupakan salah satu sungai yang dijadikan sumber air baku oleh PDAM Kota Surabaya. Untuk itu, pemantauan kualitas air perlu dilakukan untuk menjaga Kali Surabaya tetap memenuhi baku mutu.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan beberapa kajian mengenai pencemaran air dan pengendalian beban pencemaran air yang terjadi di Kali Surabaya. Tingginya tingkat pencemaran tidak lepas dari lemahnya mekanisme pengendalian pencemaran. Pencemaran yang masuk pada Kali Surabaya meliputi industri, domestik dan pertanian. Limbah domestik sebagai penyumbang pencemar terbesar pada air Kali Surabaya. Faizal dan Desy (2015) menyatakan bahwa limbah domestik menyumbang 65 persen pencemaran, daripada industri yang hanya 30 persen, sisanya limbah pertanian. Industri banyak disumbang oleh industri rumahan dari kawasan Mlirip Mojokero hingga Karangpilang Surabaya yang belum memiliki instalasi pengolahan air limbah. Penyebab pencemaran dari sumber komersial antara lain berasal dari limbah rumah makan dan hotel (17,8%), industri manufaktur (20%), dan kegiatan lainnya (Thornton : 2001).

Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 2 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur, maka harus dilakukan upaya pengelolaan air limbah sebelum dibuang ke Badan Air Kali Surabaya. Pengendalian pencemaran air di Kali Surabaya telah dilakukan seperti adanya titik pantau. Titik pantau pada Kali Surabaya sebagai salah satu upaya agar pencemaran air tidak melampaui baku mutu air Kelas II menurut Peraturan Gubernur No. 61 Tahun 2010. Namun hal itu masih kurang efektif

jika hanya dari hanya dari satu pihak untuk melakukan pengendalian pencemaran. Sehingga, harus diketahui terlebih dahulu sumber pencemar dan daya tampung yang ada di Kali Surabaya menggunakan pemodelan QUAL2Kw.

Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran sungai merupakan proses yang rumit karena air sungai mengalir secara kontinyu dan kualitas air sungai berubah-ubah dari hulu ke hilir. Semakin rapat antara jarak titik sampling, maka akan semakin dapat menggambarkan kondisi kualitas air yang sebenarnya. Tetapi hal ini akan berakibat pada mahalnya biaya observasi. Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemaran sungai yang dilakukan menggunakan metode pemodelan dapat meminimalisir biaya observasi (Fatmawati dkk, 2012).

Model QUAL2Kw menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* (VBA) dapat dijalankan dengan program *Microsoft Excel*. Model ini mampu mensimulasi beberapa parameter antara lain Suhu, PH, *Sediment Oxygen Demand* (SOD), *Carbonaceous Oxygen Biochemical Demand* (CBOD), *Dissolved Oxygen* (DO), Nitrogen Organik, Ammonia, Nitrit, Nitrat, Fosfor Organik, Fosfor Anorganik, Fitoplankton, Bakteri Pathogen, Alkalinitas Total Anorganik Karbon (Pelletier dan Chapra, 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada studi pengendalian pencemaran air Kali Surabaya diantaranya sebagai berikut.

1. Bagaimana cara mengidentifikasi beban pencemaran di air Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari?.
2. Bagaimana cara memodelkan daya tampung beban pencemaran pada air Kali Surabaya pada segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari dengan pemodelan QUAL2Kw?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah diperoleh suatu kajian mengenai pengendalian pencemar air Kali Surabaya yang meliputi.

1. Mengidentifikasi beban pencemaran yang mencemari air Kali Surabaya segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari.
2. Memodelkan daya tampung beban pencemaran yang dibuang ke Kali Surabaya pada segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari menggunakan pemodelan QUAL2Kw.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari studi/ penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian pada Kali Surabaya meliputi segmen Tambangan Cangkir sampai Bendungan Gunungsari.
2. Sumber pencemar meliputi *point source* yaitu industri, domestik, pertanian, dan anak sungai (jelas titiknya) yang masuk ke Kali Surabaya dan *non point sources* atau *diffuse source* yaitu dari aktivitas yang langsung masuk ke sungai tetapi tidak jelas titiknya.
3. Karakteristik sumber pencemar yang diuji meliputi (1) Karakteristik fisik meliputi Temperatur, *Total Suspended Solid*; (2) Karakteristik kimia meliputi pH, *Dissolved Oxygen*, *Biochemical Oxygen Demand*, *Chemical Oxygen Demand*, Nitrat, Amonium, dan Fosfat.
4. Data primer berupa pengujian kualitas air pada musim hujan diantara Bulan Februari – April sebanyak satu kali dengan dua kali pengulangan (*duplo*)
5. Data sekunder berupa peta lokasi, debit dan monitoring kualitas air berdasarkan titik pantau dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur dari tahun 2011 sampai tahun 2015 pada 6 Titik pantau yaitu Tambangan Cangkir, Jembatan Bambe, Tambangan Bambe, Sebelum Intake Karangpilang, Jembatan Sepanjang, dan Bendungan Gunungsari.
6. Jumlah segmen pada penelitian ini sebanyak 5 segmen yang meliputi kawasan Tambangan Cangkir hingga Bendungan Gunungsari.

7. Analisis kualitas air (pH, temperatur, DO, BOD, COD, TSS, NO_3^- , NH_4^+ , dan PO_4^{3-}) dilakukan skala laboratorium di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Pemodelan kualitas air Kali Surabaya menggunakan metode QUAL2Kw untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran Kali Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari kajian penelitian ini diantaranya yaitu.

1. Data hasil penelitian akan sangat bermanfaat sebagai referensi/rujukan dalam pengendalian pencemaran air pada segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari.
2. Sebagai informasi, masukan dan rekomendasi Pemerintah Provinsi Jawa Timur mengenai kondisi kekinian Kali Surabaya dalam rangka penanganan pengendalian pencemaran air agar lebih ketat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kali Surabaya

Sumber air permukaan utama yang digunakan oleh Kota Surabaya adalah sungai. Sungai memiliki fungsi yang vital dan beragam, diantaranya adalah sebagai sumber air baku untuk pengolahan air bersih, transportasi, irigasi, perikanan, fungsi rekreasi, fungsi komunikasi, fungsi konservasi (ekosistem air sungai), dan lain-lain. Kota Surabaya memiliki sebanyak 6 sungai, 27 saluran primer, dan 142 saluran sekunder. Kali Surabaya merupakan sungai terpanjang di Kota Surabaya dengan panjang mencapai 17.400 m. Aliran air permukaan Kota Surabaya dimulai dari DAM Mlirip (Kabupaten Mojokerto), kemudian melewati Sidoarjo, Gresik, dan akhirnya sampai sampai di DAM Jagir Wonokromo (Surabaya). Kali Surabaya memiliki fungsi sebagai air baku untuk air minum (PDAM) masyarakat kota. Sedangkan Kalimas dan Kali Wonokromo fungsi pokoknya adalah untuk drainase kota, kegiatan perikanan, peternakan, mengaliri tanaman, serta pariwisata air (Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya,2011).



Gambar 2.1 Kali Surabaya

Penggunaan utama air kali Surabaya sesuai dengan peruntukannya adalah untuk air baku air minum (Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No 61 Tahun 2010 Kali Surabaya ditetapkan sebagai sungai kelas II). Ada dua intake air

kali Surabaya untuk air baku air minum, yaitu pengambilan air instalasi penjernihan air minum (IPAM) karang pilang dan IPAM Ngagel dengan debit pengambilan total sekitar 7500 liter/detik. Berdasarkan RPJMD Kota Surabaya tahun 2010, debit air kali Surabaya bervariasi sepanjang tahun, debit rata-rata = 26,70 m³/detik.

Kali Surabaya mempunyai profil memanjang dan profil melintang yang bervariasi. Bagian hulu mulai dari Mlirip sampai Driyorejo, lebar Kali Surabaya sekitar 30 hingga 35 m, ke dalam di tengah 3 hingga 3 m, dan kedalaman di tepi 0.5 hingga 1 m. Bagian hilir mulai Driyorejo sampai jagir, lebar Kali Surabaya sekitar 50 hingga 60 m, kedalaman di tengah 3,5 hingga 7 m, dan kedalaman di tepi 1 hingga 1,5 m. Rata-rata debit air Kali Surabaya 20-100 m³/detik (Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 2008).

Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur tentang kualitas air Kali Surabaya pada tahun 2014 tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Data Kualitas Kali Surabaya Tahun 2014

Parameter	Suhu	TSS	pH	BOD	COD	DO	T-P	NO3	NH4
	(°C)	mg /L		mg/L	mg/L	mg O ₂ /L	mg/L	mg/L	mg/L
Tambangan Cangkir	28.5	190.0	7.6	9.92	19.50	4.47	0.25	1.99	0.12
Jembatan Bambe	30.3	45.85	7.6	23.34	53.91	1.93	0.69	1.47	5.34
Tambangan Bambe	29.9	76.80	7.7	4.99	11.14	4.79	0.29	1.79	0.35
Intake Karang Pilang	29.8	78.18	7.6	4.81	10.37	4.68	0.26	1.96	0.26
Jembatan Sepanjang	29.6	81.58	7.7	4.52	10.51	4.58	0.30	1.95	0.33
Bendungan Gunungsari	28.3	87.17	7.5	5.02	11.36	3.85	0.26	2.52	0.39

Sumber : BLH Jawa Timur, 2016

2.2 Sumber Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain kedalam air atau

berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air berkurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai kegunaannya. Hal ini disebabkan oleh berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam air. Menurut Permen LH No 1 tahun 2010 tentang pengendalian pencemaran air. Sumber pencemar air dapat diklasifikasi menjadi 2 macam yaitu :

1. Sumber Tertentu (*Point Sources*)

Sumber-sumber pencemar air secara geografis dapat ditentukan lokasinya dengan tepat. Jumlah limbah yang dibuang dapat ditentukan dengan berbagai cara, antara lain dengan pengukuran langsung, penghitungan neraca massa, dan estimasi lainnya. Sumber pencemar air yang berasal dari sumber tertentu antara lain seperti kegiatan industri dan pembuangan limbah domestik terpadu. Data pencemaran air dari sumber tertentu biasanya diperoleh dari informasi yang dikumpulkan dan dihasilkan pada tingkat kegiatan melalui pengukuran langsung dari efluen dan perpindahannya, atau melalui penggunaan metoda untuk memperkirakan atau menghitung besar pencemaran air. Data yang dibutuhkan untuk inventarisasi sumber tertentu antara lain:

- a) Klasifikasi jenis penghasil limbah, seperti kategori jenis usaha/kegiatan.
- b) Data pencemar spesifik yang dibuang, misalnya jumlah beban pencemar yang terukur/ perkiraan yang dibuang ke air dalam satuan massa per unit waktu.
- c) Informasi lokasi dan jenis pencemar khusus yang dibuang, misalnya jenis industri tertentu di suatu daerah menghasilkan beberapa jenis pencemar spesifik.

2. Sumber Tak Tentu (*Area/ Diffuse Sources*)

Sumber-sumber pencemar air yang tidak dapat ditentukan lokasinya secara tepat, umumnya terdiri dari sejumlah besar sumber-sumber individu yang relatif kecil. Limbah yang dihasilkan antara lain berasal dari kegiatan pertanian, pemukiman, dan transportasi. Penentuan jumlah limbah yang dibuang tidak dapat ditentukan secara langsung, melainkan dengan menggunakan data statistik kegiatan yang menggambarkan aktivitas penghasil limbah.

Sumber pencemar air tak tentu atau *diffuse sources* biasanya berasal dari kegiatan pertanian, peternakan, kegiatan industri kecil–menengah, dan kegiatan domestik/penggunaan barang-barang konsumsi. Sumber-sumber pencemar air ini umumnya terdiri dari gabungan beberapa kegiatan kecil atau individual yang berpotensi menghasilkan air limbah yang dalam kegiatan inventarisasi sumber pencemar air tidak dapat dikelompokkan sebagai sumber tertentu.

Menurut Miller (dalam Rusnugroho dan Ali, 2012), terdapat dua bentuk pencemar yaitu (1) *Point sources*, merupakan sumber pencemar yang membuang efluen atau limbah cair melalui pipa, selokan, atau saluran air kotor ke dalam badan air pada lokasi tertentu, seperti pabrik, tempat pengolahan limbah cair, tempat penambangan aktif dan lainnya; (2) *Non-point sources*, terdiri atas banyak sumber tersebar yang membuang efluen baik kedalam badan air maupun air tanah pada suatu daerah yang luas, seperti limpasan air dari pertanian, peternakan, lokasi pembangunan dan jalan raya. Secara langsung ataupun tidak langsung pencemar tersebut akan berpengaruh terhadap kualitas air, baik untuk keperluan air minum, air industri ataupun keperluan lainnya. Berbagai cara dan usaha telah banyak dilakukan agar kehadiran pencemar terhadap air dapat dihindari, dikurangi atau minimal dapat dikendalikan (Fardias, 1992).

2.3 Standar Baku Mutu

Menurut PP no. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk

mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sedangkan baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau unsure pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Dalam sistem pengelolaan air terdapat dua baku mutu air yaitu :

1. Baku Mutu *Effluent Standard*

Effluent Standard adalah Standard (Baku Mutu) yang ditetapkan pada limbah yang telah diolah dari unit-unit IPAL atau keseluruhan unit-unit IPAL. Penentuan *effluent standart* mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

2. Baku Mutu *Stream Standard*

Stream Standard adalah Standard (Baku Mutu) yang ditetapkan pada badan air sesuai dengan peruntukannya. Penentuan *stream standart* mengacu pada PP No. 82 Tahun. 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Baku Mutu Air Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun. 2001 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kriteria Baku Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Keterangan
Parameter Fisik						
Temperatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperature dari keadaan alamiahnya

Parameter	Satuan	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Keterangan
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi < 5000 mg/l
Parameter Kimia						
pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	5 – 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi ilmiah
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
COD	mg/L	10	25	50	100	
BOD	mg/L	2	3	6	12	
Total P	mg/L	0,2	0.2	1	5	
NO ₃ sebagai N		10	10	20	20	
NH ₃ -N		0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka < 0,02 mg/L sebagai NH ₃

Sumber: Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 tahun 2001

2.4 Parameter Kualitas Air

Pengidentifikasi kualitas air sungai meliputi parameter fisik dan kimia sangat penting untuk diketahui. Parameter fisik yaitu suhu dan TSS sedangkan parameter kimia yaitu pH,

Nitrogen (N), Fosfat (P), BOD, COD dan DO, dianalisis berdasarkan Standart Nasional Indonesia bidang Pekerjaan Umum mengenai kualitas air dan *Standard Methods for Examination Water and Waste Water* tahun 1995.

2.4.1 Suhu

Suhu ($^{\circ}\text{C}$) merupakan salah satu parameter kunci model kualitas air suatu perairan. Aktivitas biologi dan proses kelarutan gas di dalam air sangat bergantung pada kondisi suhu. Pada suhu optimum aktivitas biologi dengan hara cukup akan efektif dalam pertumbuhan maupun dekomposisi bahan organik. Sebaliknya pada perairan dingin aktivitas tersebut akan melambat (Chapra, 1997). Sementara itu, kelarutan oksigen tertinggi pada perairan jernih terjadi pada suhu 0°C sebesar 14.62 mg/l dan terendah pada suhu 30°C sebesar 7.63 mg/l . Oleh karena itu, di perairan tropis DO jenuh tidak pernah melebihi angka 9 mg/l (Thomann, 1987).

Suhu memegang peranan penting dalam siklus materi, yang akan mempengaruhi sifat fisik kimia dan biologi perairan. Suhu berpengaruh terhadap kelarutan oksigen dalam air, proses metabolisme dan reaksi-reaksi kimia dalam perairan. Kenaikan suhu dalam perairan dapat meningkatkan metabolisme tubuh organisme termasuk bakteri pengurai, sehingga proses dekomposisi bahan organik juga meningkat. Proses ini menyebabkan kebutuhan akan oksigen terlarut menjadi tinggi yang selanjutnya kandungan oksigen terlarut di dalam air menjadi menurun (Gazali dkk, 2013).

2.4.2 Total Suspended Solid (TSS)

Gazali dkk (2013) menjelaskan mengenai TSS (Total Suspended Solids) merupakan zat padat tersuspensi adalah zat padat yang dapat menimbulkan berkurangnya oksigen dalam air. Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Keberadaan padatan tersuspensi dapat menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sehingga hubungan antara TSS dan kecerahan perairan berbanding terbalik. Total suspended solid (TSS) yang tinggi akan menghalangi sinar matahari yang masuk ke dalam air,

sehingga mengganggu proses fotosintesis yang menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut yang dilepas oleh tanaman.

Total Suspended Solid (TSS) merupakan zat-zat padatan yang ada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid), partikel tersuspensi. TSS yaitu jumlah berat dalam mg/L kering lumpur yang berada dalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membrane ukuran 0,45 μm . Adanya padatan-padatan ini menyebabkan kekeruhan air, padatan ini tidak terlarut dan tidak dapat mengendap secara langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang berat dan ukurannya yang lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan organik tertentu, tanah liat, kikisan tanah yang ditimbulkan oleh erosi tanah (Sawyer dkk, 2003).

2.4.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran dari konsentrasi ion hidrogen untuk menentukan sifat asam dan basa. Konsentrasi ion hidrogen merupakan ukuran kualitas air dengan kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Perubahan pH di suatu air sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan bentuk zat didalam air (Gazali dkk, 2013).

Derajat keasamaan menunjukkan tingkat keasamaan dan merupakan parameter ikutan dari hasil proses bio-kimia di dalam air. Pada suasana netral, pH perairan alam nilainya akan proporsional terhadap konsentrasi oksigen dalam proses dekomposisi organik. Semakin rendah respons konsentrasi oksigen di perairan, semakin masam dan kecil nilai pHnya (Camp and Thomas, 1974). Pengukuran di lapangan menunjukkan nilai pH perairan Sungai Ciliwung berkisar 6-7 diukur secara *in situ* menggunakan pH meter. Nilai kisaran DO 2.01-0.98 mg/l pada ruas Kalibata-Pejompongan ternyata tidak diikuti dengan penurunan pH yang proporsional. Hal ini menunjukkan tingginya kandungan sabun atau deterjen yang dibuang langsung oleh

penduduk padat di sekitarnya, sehingga menaikkan nilai pH (Astono dan Sri, 2008).

2.4.4 Dissolved Oxygen (DO)

Sugiharto (1987) menjelaskan mengenai oksigen terlarut adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan milligram per liter. Oksigen terlarut ini dipergunakan sebagai tanda derajat atau tingkat kekotoran limbah yang ada. Semakin besar oksigen terlarut menunjukkan tingkat kekotoran limbah yang semakin kecil. Jadi ukuran DO berbanding terbalik dengan BOD. Oksigen terlarut dalam air berasal dari proses fotosintesa, difusi udara dan turbulensi. Oksigen yang terlarut dalam air diperlukan organisme perairan untuk respirasi dan metabolisme sehingga oksigen terlarut menjadi sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme perairan. Oksigen terlarut juga dibutuhkan oleh bakteri dalam proses penguraian untuk mendegradasi beban masukan yang berupa bahan organik. Dimana semakin tinggi kandungan bahan organik dalam perairan maka kebutuhan oksigen terlarut dalam proses dekomposisi oleh bakteri juga semakin meningkat sehingga akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan (Gazali dkk, 2013).

Parameter oksigen terlarut menunjukkan jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Kandungan oksigen terlarut merupakan hal penting bagi kelangsungan organisme perairan, sehingga penentuan kadar oksigen terlarut dalam air dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Perairan yang tercemar bahan organik akan mengalami penurunan kandungan oksigen terlarut karena oksigen yang tersedia dalam air akan digunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan pencemar organik. Semakin banyak zat organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, semakin banyak pula oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme. Di samping itu, menurunnya kadar DO juga disebabkan oleh banyaknya limbah organik yang berasal dari limbah domestik dan limbah industri (terutama di sekitar Kali Tengah) yang melebihi kemampuan *self purifikasi* sungai dan adanya bahan kimia yang dapat teroksidasi oleh oksigen. Selain itu, peristiwa resuspensi akibat penambahan debit air secara tiba-tiba mengakibatkan larutan-larutan racun di dasar sungai dapat

terangkat dan tersuspensi dalam air sehingga meningkatkan kekeruhan (Suwari, 2011).

2.4.5 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical oxygen demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menstabilkan bahan organik yang mudah diuraikan dalam keadaan aerobik. Yang dimaksud dengan mudah diuraikan adalah bahan organik yang bisa dijadikan sebagai makanan untuk bakteri dan energy yang diperoleh dari proses oksidasinya. Analisis BOD digunakan untuk menenukan pencemaran limbah domestic dan limbah industry. Analisis ini merupakan salah satu uji yang sangat penting dalam mengontrol pencemaran sungai. Analisis ini sangat penting dalam penentuan peraturan dan studi design untuk mengevaluasi daya tampung badan air. Secara teoritis, waktu yang diperlukan untuk proses oksidasi yang sempurna sehingga bahan organik terurai menjadi CO_2 dan H_2O adalah tidak terbatas. Dalam prakteknya dilaboratorium, biasanya berlangsung selama 5 hari dengan anggapan bahwa selama waktu itu persentase reaksi cukup besar dari total BOD. Nilai BOD 5 hari merupakan bagian dari total BOD dan nilai BOD 5 hari merupakan 70 - 80% dari nilai BOD total. Dalam praktek untuk penentuan BOD (Sawyer dkk, 2003).

Besaran BOD digunakan sebagai cara untuk mengindikasikan pencemaran organik di perairan. Semakin banyak bahan organik yang terdapat dalam perairan, maka makin besar jumlah oksigen yang dibutuhkan, sehingga harga BOD semakin besar yang mengindikasikan tingginya tingkat pencemaran. nilai BOD hasil pengukuran tidak selalu meningkat dari hulu ke hilir, karena di setiap titik dapat terjadi pemasukan buangan organik ke sungai dengan konsentrasi BOD dan debit tertentu yang dapat menyebabkan penurunan atau peningkatan konsentrasi BOD sungai. (Suwari, 2011).

2.4.6 Chemical Oxygen Demand (COD)

Rahayu dan Tontowi (2005) menjelaskan mengenai Chemical oxygen demand (COD) menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar didegradasi menjadi CO_2 dan H_2O .

Pengukuran COD didasarkan pada kenyataan bahwa hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O dengan bantuan oksidator kuat (kalium dikromat atau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) dalam suasana asam. Meskipun demikian, terdapat juga bahan organik yang tidak dapat dioksidasi dengan metode ini, misalnya piridin dan bahan organik yang bersifat mudah menguap (volatile). Glukosa dan lignin dapat dioksidasi secara sempurna. Asam amino dioksidasi menjadi ammonia dan nitrogen. Nitrogen organik dioksidasi menjadi Nitrat. Keberadaan bahan organik dapat berasal dari alam ataupun dari aktivitas rumah tangga dan industri, misalnya pabrik bubur kertas (pulp), pabrik kertas, dan industri makanan. Perairan yang memiliki nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian (Effendi, 2003).

Pengujian COD digunakan untuk menganalisis limbah industri. Pengujian BOD untuk mengidentifikasi keadaan toksik dan kehadiran resisten biologi atau zat organik. Penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan bahan organik baik yang dapat didekomposisi secara biologis maupun yang tidak. Semakin tinggi nilai COD, semakin tinggi pula pencemaran oleh zat organik (Sawyer dkk, 2003).

2.4.7 Amonium

Amoniak merupakan senyawa nitrogen yang berubah menjadi ion NH_4 pada pH rendah. Amoniak berasal dari limbah domestik dan limbah pakan ikan. Ammonia di perairan waduk dapat berasal dari nitrogen organik dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air berasal dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba dan jamur. Selain itu, amoniak juga berasal dari denitrifikasi pada dekomposisi limbah oleh mikroba pada kondisi anaerob (Sastrawijaya, 2000).

Amoniak merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah dan disebut Amonium (NH_3). Amoniak dalam air permukaan berasal dari seni dan tinja, juga dari oksidasi zat organik (H_2O) secara mikrobiologis, yang berasal dari alam atau air buangan industri dan penduduk (Sawyer dkk, 2003).

2.4.8 Nitrat

Trilaksono (2014) menjelaskan Nitrat (NO_3) merupakan bentuk nitrogen yang dinamis dan menjadi bentuk yang paling dominan pada limpasan (*run-off*), masukan sungai, keluarnya air tanah (*ground water*) dan deposisi atmosfer ke laut. Nitrat dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen dan amonia di perairan. Nitrogen yang ditemukan dalam air permukaan adalah hasil dari drainase tanah dan air limbah domestik. Air limbah domestik yang merupakan sumber utama nitrogen berasal dari air limbah feses, urin dan sisa makanan. Besarnya kontribusi per kapita berkisar antara 8 – 12 lb nitrogen/tahun. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia (NH_4^+) sebesar 60% (Hammer dan Viesman, 1977).

Nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya Nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan. Nitrat adalah salah satu nutrisi yang penting untuk pertumbuhan fitoplanton dan tumbuhan air lainnya. Nitrat adalah sumber nitrogen dalam air laut maupun air tawar. Bentuk kombinasi lain dari elemen ini bisa tersedia dalam bentuk Amonium, nitrit dan komponen organik. Kombinasi elemen ini sering dimanfaatkan oleh fitoplanton terutama kalau unsure Nitrat terbatas. Nitrogen terlarut juga bisa dimanfaatkan oleh jenis blue –green algae dengan cara fiksasi nitrogen. Pembentukan Nitrat tergantung dengan adanya oksigen dan bakteri. Nitrobacter yang bertugas merubah nitrit menjadi Nitrat secara aerob (Sawyer, Clair N, et al, 2003).

2.4.9 Fosfat

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan, sehingga menjadi faktor pembatas yang mempengaruhi produktivitas perairan. Fosfat yang terdapat di perairan bersumber dari air buangan penduduk (limbah rumah tangga) berupa deterjen, residu hasil pertanian (pupuk), limbah industri, hancuran bahan organik dan mineral fosfat. Umumnya

kandungan fosfat dalam perairan alami sangat kecil dan tidak pernah melampaui 0,1 mg/l, kecuali bila ada penambahan dari luar oleh faktor antropogenik seperti dari sisa pakan ikan dan limbah pertanian (Marganof, 2007).

Air limbah domestik biasanya kaya akan senyawa fosfor. Perkembangan sebelumnya dari pembuatan deterjen mengandung forfor yang biasanya berada pada range 2-3 mg/L dan bentuk organic berubah-ubah dari 0,5 – 1 mg/L. sebagian besar fosdor organic berasal dari limbah manusia sebagai akibat dari kerusakan metabolisme protein dan asam nucleat dan penyisihan pelepasan fosfor di urin. Peranan terpenting pembuatan deterjen dibentuk untuk kegiatan rumah tangga yang sebagian besar jumlahnya terdiri dari 12-13 persen fosfor atau lebih dari 50 persen terdiri dari polifosfat. Penggunaan material ini sebagai pengganti sabun yang sangat meningkatkan kandungan fosfor pada limbah domestik (Sawyer dkk, 2003).

2.5 Self Purification

Moersidik dan Rahma (2011) menyatakan, *self Purification* adalah kemampuan air untuk membersihkan diri secara alamiah dari kontaminan dan pencemar. Keberadaan beban pencemar di perairan dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut, apabila ketersediaan kadar oksigen terlarut tinggi maka dapat mendukung terjadinya proses *self purification*. Keberadaan oksigen terlarut di perairan dibutuhkan oleh bakteri untuk dekomposisi bahan organik.

Hal yang perlu diperhatikan adalah sesuai kaidah alam ada keterbatasan self purifikasi di dalam sungai sehingga apabila masuk sejumlah bahan pencemar dalam jumlah banyak maka kemampuan tersebut menjadi tidak terlalu berarti mengembalikan sungai dalam kondisi yang lebih baik. Kemampuan alamiah sungai inilah yang membatasi daya tampung sungai terhadap pencemar. Proses biologi dapat terjadi secara bakterial dimana bakteri membantu merubah senyawa beracun menjadi senyawa tidak beracun. Keberadaan tanaman air, perakaran tanaman yang berada di sekitar badan air, hewan perairan memberi sumbangan dalam memperbaiki kualitas air sungai (Wiwoho, 2005).

Menurut Hendrasarie dan Cahyarani (2010), pengembangan pemurnian alami atau *self purification* terdiri dari beberapa zona, yaitu :

1. Zona air bersih, zona ini terdapat jauh di hulu sungai, jauh dari sumber pencemaran. Indikatornya adalah masih dapat dimanfaatkan air sebagai bahan air minum.
2. Zona Dekomposisi, zona ini terdapat pada daerah sumber pencemaran, limbah yang mengalir akan didekomposisi atau dioksidasi proses pembongkaran bahan organik oleh bakteri dan mikroorganisme. Indikator daerah ini kaya akan bakteri dan mikroorganisme.
3. Zona Biodegradasi, pada daerah ini terjadi penurunan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), sehingga nilai COD di perairan sangat tinggi.
4. Zona pemulihan, pada zona ini kualitas air kembali bersih, nilai oksigen terlarut kembali normal.

2.6 Daya Tampung Beban Pencemaran

Daya tampung beban pencemaran air adalah kemampuan air pada suatu sumber air untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air tersebut menjadi cemar. Penetapan daya tampung merupakan pelaksanaan pengendalian pencemaran air yang menggunakan pendekatan kualitas air. Pendekatan ini bertujuan untuk mengendalikan zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber pencemar yang masuk ke dalam sumber air dengan mempertimbangkan kondisi instrinsik sumber air dan baku mutu air yang ditetapkan (Fatmawati dkk, 2012).

Perhitungan beban pencemaran menurut Moersidik dan Rahma tahun 2011, beban pencemaran atau *load* (L) adalah konsentrasi bahan pencemar (C) dikalikan kapasitas aliran air atau debit air (Q) yang mengandung bahan pencemar pada persamaan (2-1)

$$L = C \cdot Q \quad (2-1)$$

dengan

Cr = konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan;

Ci = konsentrasi b konstituen pada aliran ke-i;

Qi = laju alir aliran ke-i;

M_i = massa konstituen pada aliran ke-i.

Penetapan daya tampung beban pencemaran menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 110 Tahun 2003 secara ilmiah terdapat beberapa metoda diantaranya

a. Metoda neraca massa

Model matematika yang menggunakan perhitungan neraca massa dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi rata-rata aliran hilir (*down stream*) yang berasal dari sumber pencemar *point sources* dan *non point sources*, perhitungan ini dapat pula dipakai untuk menentukan persentase perubahan laju alir atau beban polutan. Jika beberapa aliran bertemu menghasilkan aliran akhir, atau jika kuantitas air dan massa konstituen dihitung secara terpisah, maka perlu dilakukan analisis neraca massa untuk menentukan kualitas aliran akhir dengan perhitungan pada persamaan (2-1)

$$C_R = \frac{\sum C_i Q_i}{\sum Q_i} = \frac{\sum M_i}{\sum Q_i} \quad (2-1)$$

dimana :

C_R : konsentrasi rata-rata konstituen untuk aliran gabungan;

C_i : konsentrasi konstituen pada aliran ke-i;

Q_i : laju alir aliran ke-i;

M_i : massa konstituen pada aliran ke-i

Metoda neraca massa ini dapat juga digunakan untuk menentukan pengaruh erosi terhadap kualitas air yang terjadi selama fasa konstruksi atau operasional suatu proyek, dan dapat juga digunakan untuk suatu segmen aliran, suatu sel pada danau, dan samudera. Tetapi metoda neraca massa ini hanya tepat digunakan untuk komponen-komponen yang konservatif yaitu komponen yang tidak mengalami perubahan (tidak terdegradasi, tidak hilang karena pengendapan, tidak hilang karena penguapan, atau akibat aktivitas lainnya) selama proses pencampuran berlangsung seperti misalnya garam-garam.

b. Metoda Streeter-Phelps

Pemodelan kualitas air sungai mengalami perkembangan yang berarti sejak diperkenalkannya perangkat lunak DOSAG1 pada tahun 1970. Prinsip dasar dari pemodelan tersebut adalah

penerapan neraca massa pada sungai dengan asumsi dimensi 1 dan kondisi tunak. Pertimbangan yang dipakai pada pemodelan tersebut adalah kebutuhan oksigen pada kehidupan air tersebut (BOD) untuk mengukur terjadinya pencemaran di badan air. Pemodelan sungai diperkenalkan oleh Streeter dan Phelps pada tahun 1925 menggunakan persamaan kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*) di mana metoda pengelolaan kualitas air ditentukan atas dasar defisit oksigen kritik D_c .

Pemodelan Streeter dan Phelps hanya terbatas pada dua fenomena yaitu proses pengurangan oksigen terlarut (deoksigenasi) akibat aktivitas bakteri dalam mendegradasikan bahan organik yang ada dalam air dan proses peningkatan oksigen terlarut (reaerasi) yang disebabkan turbulensi yang terjadi pada aliran sungai. Streeter – Phelps menyatakan bahwa laju oksidasi biokimiawi senyawa organik ditentukan oleh konsentrasi senyawa organik sisa (residual) pada persamaan (2-2).

$$dL/dt = - K'.L \quad (2-2)$$

dengan

L : konsentrasi senyawa organik (mg/L);

t : waktu (hari);

K' : konstanta reaksi orde satu (hari⁻¹);

Jika konsentrasi awal senyawa organik sebagai BOD adalah L_0 yang dinyatakan sebagai BOD ultimate dan L_t adalah BOD pada saat t, maka persamaan (2-3)

$$dL/dt = - K'.L \quad (2-3)$$

Hasil integrasi persamaan (2-4) selama masa deoksigenasi yaitu

$$L_t = L_0.e^{-K'.t} \quad (2-4)$$

Penentuan K' dapat dilakukan dengan :

- (1) metoda selisih logaritmatis,
- (2) metoda moment (metoda Moore dkk), dan
- (3) metode Thomas.

Laju deoksigenasi akibat senyawa organik dapat dinyatakan dengan persamaan (2-5).

$$rD = -K'L \quad (2-5)$$

dengan ,

K' : konstanta laju reaksi orde pertama, hari⁻¹;

L : BOD ultimat pada titik yang diminta, mg/L;

Jika L diganti dengan $Loe-K't$, persamaan (2-6) menjadi

$$rD = -K'Loe^{-K't} \quad (2-6)$$

dengan,

Lo : BOD ultimat pada titik discharge(setelah pencampuran),mg/L

Proses oksidasi dibagi menjadi dua yaitu.

a) Proses Peningkatan Oksigen Terlarut (Reaerasi)

Kandungan oksigen di dalam air akan menerima tambahan akibat turbulensi sehingga berlangsung perpindahan oksigen dari udara ke air dan proses ini adalah proses reaerasi. Peralihan oksigen ini dinyatakan oleh persamaan laju reaerasi persamaan (2-7)

$$rR = K'_2 (Cs - C) \quad (2-7)$$

dengan,

K'_2 : konstanta reaerasi, hari⁻¹ (basis bilangan natural);

Cs : konsentrasi oksigen terlarut jenuh, mg/L;

C : konsentrasi oksigen terlarut, mg/L.

Konstanta reaerasi dapat diperkirakan dengan menentukan karakteristik aliran dan menggunakan salah satu persamaan empirik. Persamaan O'Conner dan Dobbins adalah persamaan yang umum digunakan untuk menghitung konstanta reaerasi pada persamaan (2-8).

$$K'_2 = 294 (DL U)^{1/2} \times H^{3/2} \quad (2-8)$$

dengan

DL : koefisien difusi molekular untuk oksigen, m²/hari;

U : kecepatan aliran rata-rata, m/detik;

H : kedalaman aliran rata-rata, m;

b) Kurva Penurunan Oksigen (*Oxygen sag curve*)

Jika kedua proses di atas dialurkan dengan konsentrasi oksigen terlarut sebagai sumbu tegak dan waktu atau jarak

sebagai sumbu datar, maka hasil pengaluran kumulatif yang menyatakan antaraksi proses deoksigenasi dan reaerasi adalah kurva kandungan oksigen terlarut dalam badan air. Kurva ini dikenal sebagai kurva penurunan oksigen (*oxygen sag curve*). Jika diasumsikan bahwa sungai dan limbah tercampur sempurna pada titik buangan, maka konsentrasi konstituen pada campuran air-limbah pada $x = 0$ pada persamaan (2-9)

$$C_0 = \frac{Q_r C_r + Q_w C_w}{Q_r + Q_w} \quad (2-9)$$

dengan

C_0 = konsentrasi konstituen awal di titik buangan setelah pencampuran, mg/L;

Q_r = laju alir sungai, m³/detik;

C_r = konsentrasi konstituen dalam sungai sebelum pencampuran, mg/L;

C_w = konsentrasi konstituen dalam air limbah, mg/L.

Perubahan kadar oksigen di dalam sungai dapat dimodelkan dengan mengasumsikan sungai sebagai reaktor alir sumbat.

c. Metoda Qual2E

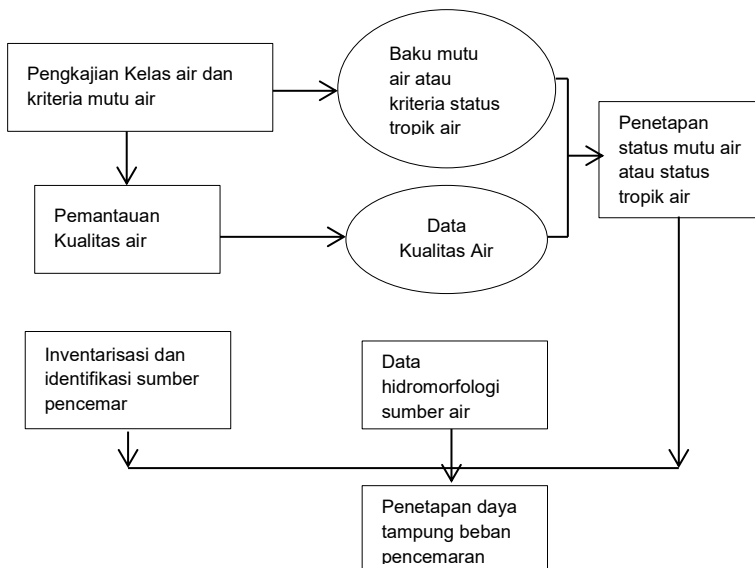
QUAL2E merupakan program pemodelan kualitas air sungai yang sangat komprehensif dan yang paling banyak digunakan saat ini. QUAL2E dikembangkan oleh *US Environmental Protection Agency*. Tujuan penggunaan suatu pemodelan adalah menyederhanakan suatu kejadian agar dapat diketahui kelakuan kejadian tersebut. Pada QUAL2E ini dapat diketahui kondisi sepanjang sungai (DO dan BOD), dengan begitu dapat dilakukan tindakan selanjutnya seperti industri yang ada disepanjang sungai hanya diperbolehkan membuang limbahnya pada beban tertentu.

Penetapan daya tampung menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.01 Tahun 2010 menyatakan Penetapan daya tampung beban pencemaran air harus memperhitungkan:

- a. kondisi hidrologi dan morfologi sumber air termasuk status mutu dan/atau status trofik sumber air yang ditetapkan daya tampung beban pencemarannya;
- b. baku mutu air untuk sungai dan muara;

- c. baku mutu air serta kriteria status trofik air untuk situ, danau, dan waduk;
- d. beban pencemaran pada masing-masing sumber pencemar air.

Langkah untuk penetapan daya tampung beban pencemaran menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.01 Tahun 2010 dinyatakan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran

Perhitungan daya tampung beban pencemaran sumber air dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan pemodelan numerik terkomputerisasi (*computerized numerical modeling*). Metode komputasi merupakan metode simulasi dengan bantuan program komputer. Metode ini lebih komprehensif dalam pemodelan kualitas air sungai. Pada dasarnya model ini menerapkan teori streeter-phelps dengan mengakomodasi banyaknya sumber pencemar yang masuk ke dalam sistem sungai, karakteristik hidrolik sungai,

dan kondisi klimatologi. Metode simulasi yang dapat digunakan yaitu model Qual2E dan model QUAL2Kw (Fatmawati,dkk,2012)

2.7 Model QUAL2Kw

Model QUAL2Kw merupakan pengembangan dari model Qual2E dengan menggunakan bahasa pemrograman *Virtual Basic for Application* (VBA) yang dapat dijalankan dengan program *Microsoft Excel* (Pelletier dan Chapra, 2006). Dalam melakukan permodelan biasanya digunakan model QUAL2Kw versi 5.1. Model ini mampu mensimulasi parameter kualitas air antara lain temperatur, *conductivity*, *inorganic solids*, *Dissolved Oxygen* (DO), *CBODslow*, *CBODfast*, nitrogen organik, ammonia (NH_4^+), nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), *organic phosphorus*, *inorganic phosphorus* (SRP), *phytoplankton*, *detritus* (POM), patogen, Alkalinitas, pH (Kannel dkk, 2007)

QUAL2Kw adalah suatu model untuk simulasi kualitas air di sungai dengan menggunakan pendekatan aliran satu dimensi dengan pola tunak (steady). QUAL2Kw adalah versi terbaru dari model QUAL2E dengan menggunakan bahasa pemrograman visual basic of application (VBA) yang dapat dijalankan dengan program Microsoft excel. Model ini dapat menstimulasi pengangkutan dan keberadaan pencemar di perairan. Model ini mensimulasikan sungai dalam bentuk satu dimensi dengan aliran berupa *non-uniform*, aliran tetap dan mempresentasikan sebuah sungai berdasarkan dampak dari dua sumber yaitu yang berasal dari *point sources* dan *non point sources*. Model ini mampu menstimulasi parameter kualitas air sebagai berikut:

- pH
- alkalinitas
- padatan tersuspensi anorganik
- bakteri patogen
- ganggang
- suhu
- karbon
- biochemical oxygen demand (BOD)
- oksigen terlarut, fitoplankton
- fosfor organik dan anorganik
- NH_4 –Nitrogen
- NH_3 –Nitrogen, konduktivitas

- bakteri pathogen
- alkalinitas (Pelletier dkk, 2006).

Kebutuhan data yang diperlukan untuk pemodelan QUAL2Kw menurut Syafi'i dan Ali pada tahun 2011 sebagai berikut.

1. Temperatur Udara;
2. Tutupan awan;
3. Kecepatan angin;
4. Elevasi dan koordinat setiap ujung ruas sungai;
5. Lebar sungai, kelerengan sungai dan tebing sungai;
6. Koefisien hambatan aliran sungai;
7. Zona waktu penyinaran matahari;
8. Panjang dan debit aliran sungai utama;
9. Lokasi pemantauan kualitas air sungai (kilometer);
10. Rincian aliran sungai yang masuk dan keluar beserta debit aliran dan lokasi;
11. Lokasi setiap sumber pencemar beserta debit aliran dan kualitas air;
12. Pemantauan kualitas air limbah dengan parameter yang disesuaikan dengan sumber pencemarnya.

Kerangka QUAL2Kw (Q2K) menyajikan elemen-elemen baru yang tidak ada pada QUAL2E (Q2E). Pelletier dan Chapra (2008) menyebutkan elemen-elemen tersebut sebagai berikut:

1. Tampilan antarmuka dan lingkungan software, Q2Kw diimplementasikan dengan lingkungan Microsoft windows. software ini deprogram pada bahasa pemrograman macro windows: visual basic for applications (VBA). Excel digunakan sebagai graphical user interface (GUI).
2. Segmen model. Q2E membagi sistem menjadi ruas-ruas (reaches) sungai yang terdiri dari elemen-elemen yang memiliki ruang yang sama. Sebagai perbandingan , Q2Kw menggunakan ruas-ruas sungai yang tidak memiliki ruang yang sama. selain itu, pembebanan ganda untuk beban masuk dan keluar dapat dimasukkan ke ruas manapun.
3. Anoksia Q2Kw mendukung kondisi anoksik dengan cara menurunkan reaksi oksidasi menjadi nol pada tingkat oksigen rendah.
4. Interaksi endapan air. Fluks endapan air pada oksigen terlarut dan nutrient disimulasikan secara internal.

Kalibrasi otomatis, algoritma generic dimasukkan untuk menentukan nilai optimum dari parameter laju kinetic untuk memaksimalkan baiknya kecocokan model dibandingkan dengan data yang diukur. Penggunaan program QUAL2Kw dapat mengestimasi nilai beban pencemaran pada tiap ruas sungai. Pemodelan dengan menggunakan software QUAL2Kw terlebih dahulu dilakukan pembagian ruas (*reach*), jarak dan batas sungai. Program QUAL2Kw ini juga mempresentasikan sebuah sungai berdasarkan dampak dari dua sumber yaitu berasal dari *point sources* dan *diffuse sources*.

2.8 Kajian Terdahulu

2.8.1 Aplikasi QUAL2Kw di Sungai Bagmati-Nepal pada tahun 2007

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Kannel dan rekan-rekannya dengan objek penelitian Sungai Bagmati yang menerima sumber pencemar dari 7 anak sungai. Penelitian ini dilakukan menggunakan pemodelan QUAL2Kw. Model ini menunjukkan dapat mensimulasikan kualitas air sungai berdasarkan kedalaman air dan beberapa titik sumber pencemar (*point sources*) meliputi CBOD, TN, dan laju nitrifikasi. QUAL2Kw diaplikasikan untuk mensimulasikan beberapa strategi untuk pengelolaan kualitas air selama periode tertentu sehingga kualitas air dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Faktor yang harus dipertimbangkan dalam penelitian ini meliputi: Modifikasi beban pencemaran, penambahan aliran dan pemenuhan kebutuhan oksigen. Hasil penelitian menunjukkan dapat memenuhi kriteria (baku mutu yang ditetapkan).

2.8.2 Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung pada tahun 2011

Kajian ini dilakukan oleh Moersidik dan Rahma dengan objek penelitian adalah DAS Ciliwung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya beban pencemaran di Sungai Ciliwung dan mengetahui besarnya daya tampung Sungai Ciliwung. Hasil perhitungan beban pencemaran BOD, diperoleh beban pencemaran tertinggi berada di segmen 6 (Manggarai-Ancol) yakni sebesar 20.674,66 kg/jam. Beban pencemaran DAS Ciliwung, dari hulu ke hilir meningkat signifikan di bagian hilir yakni di wilayah DKI Jakarta, dengan nilai beban pencemaran

1.724,11 – 20.674,66 kg/jam. Hasil perhitungan daya tampung beban pencemaran BOD, didapatkan bahwa, segmen 1 hingga segmen 5 masih memiliki daya tampung untuk baku mutu kelas IV, namun segmen 6 sudah tidak memiliki daya tampung untuk baku mutu kelas IV. Nilai daya tampung yang segmen 1-segmen 6, berkisar antara 350,58-2318,23 kg/jam.

2.8.3 Aplikasi QUAL2Kw Pada Studi Permodelan Kualitas Air Kali Surabaya pada tahun 2011

Kajian penelitian ini dilakukan oleh Syafi'i dan Ali Masduqi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui beban pencemaran dari badan sungai. Kajian penelitian ini menggunakan simulasi pemrograman QUAL2Kw dengan 11 skenario. Hasil simulasi QUAL2Kw menunjukkan bahwa Kali Surabaya segmen Krian-Jagir telah tercemar karena dari parameter BOD telah melebihi baku mutu sungai yang ditetapkan (kelas II). Simulasi yang telah dilakukan perlu adanya penurunan beban pencemaran pada tiap segmen agar kualitas air Kali Surabaya bisa menjadi lebih baik. Penurunan beban BOD per segmen berkisar 28,27% hingga 99,49%, Nitrat 0% hingga 85,90%, dan Phopat berkisar 74,63% hingga 97,73%.

2.8.4 Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw pada tahun 2012

Kajian ini dilakukan oleh Fatmawati, Masrevaniah, Aniek, dan Solichin dengan objek penelitian Kali Ngrowo di Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan beban pencemaran dari anak sungai dan saluran sebagai point source, menganalisis beban pencemaran dan mengaplikasikan model QUAL2Kw untuk menentukan beban pencemaran maksimum yang boleh dibuang ke badan air di Kali Ngrowo. Hasil penelitian menunjukkan Kali Ngrowo masih memiliki daya tampung terhadap BOD dan NO₃ pada bulan basah pada kualitas baku mutu air kelas III. Kali Ngrowo Bagian Utara daya tampung terhadap BOD adalah sebesar 6.634,59 Kg/hari dan NO₃ sebesar 30.015,23 Kg/hari. Sedangkan Kali Ngrowo bagian selatan daya tampung terhadap BOD adalah sebesar 3.007,25 Kg/hari dan Nitrat sebesar 21.098,90 Kg/hari

2.8.5 Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Mangetan Kanal Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw pada tahun 2013

Kajian ini dilakukan oleh Saraswaty dan rekan-rekannya dengan objek penelitian sungai Mangetan Kanal yang terletak di Kabupaten Sidoarjo. Tujuan dari penelitian ini untuk mengaplikasikan metode QUAL2Kw dalam mengevaluasi kualitas air Sungai Mangetan Kanal untuk menghitung daya tampungnya. Perhitungan daya tampung beban pencemaran merupakan hasil selisih antara beban pencemar penuh dikurangi beban kondisi awal. Data daya tampung segmen sungai dari hasil perhitungan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Data Daya Tampung Segmen Sungai Mangetan Kanal

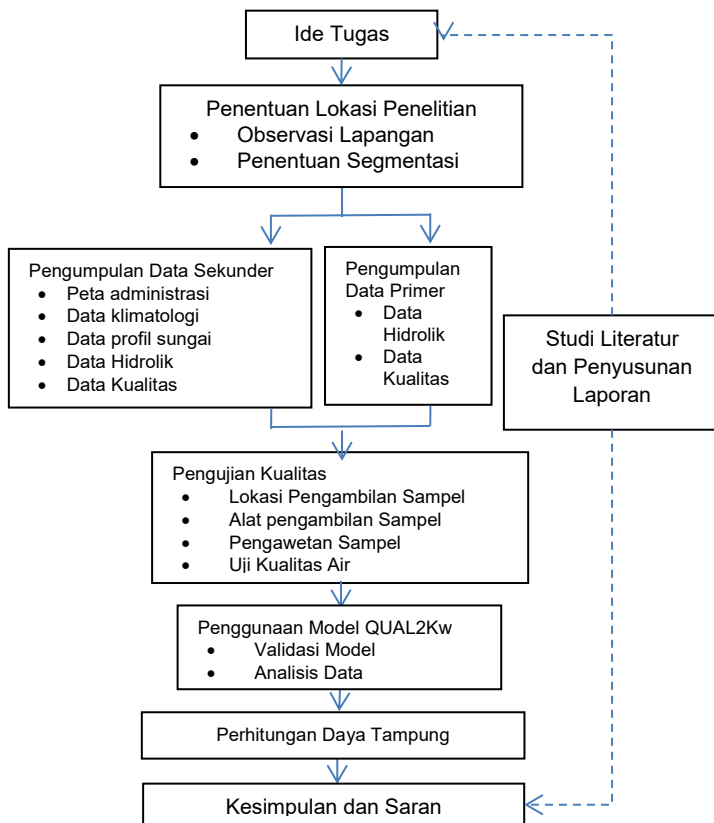
Parameter	Maksimum (segmen)	Minimum(segmen)
TSS	17.207,66 kg/hari (6)	1.512,0 kg/hari (6)
BOD	790,56 kg/hari (1)	60,48 kg/hari (4)
COD	3.754,73 kg/hari (1)	302,40 kg/hari (4)
Amonium	172,08 kg/hari (5)	15,12 kg/hari (4)
Nitrat	2.753,23 kg/hari(5)	85,43 kg/hari (2)
Fosfat	44,63 kg/hari(1)	1,36 kg/hari (4)

Sumber : Saraswaty dkk, 2013.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

Kerangka penelitian merupakan diagram alir yang menggambarkan langkah-langkah yang akan dilaksanakan pada saat penelitian. Penyusunan kerangka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran mengenai tahapan penelitian secara sistematis. Kerangka penelitian dalam tugas akhir ini tercantum pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Langkah Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian berisi tentang langkah-langkah yang akan dilakukan selama pelaksanaan penelitian. Tahapan penelitian meliputi studi literature, pengambilan data primer dan sekunder, persiapan peralatan dan bahan, pelaksanaan penelitian, analisis data dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.2.1 Ide Tugas Akhir

Ide tugas akhir ini adalah besarnya beban pencemaran pada air Kali Surabaya, air baku PDAM Surabaya. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air Kali Surabaya perlu dilaksanakan dengan baik, khususnya meminimisasi beban pencemaran yang dibuang ke Kali Surabaya dari limbah domestik maupun industri.

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh teori yang memadai untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Studi literatur harus mendapatkan *feedback* dari analisa data dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisa dengan literatur yang ada. Literatur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jurnal penelitian (internasional dan nasional), peraturan dan baku mutu, tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian serta *text book*. Literatur yang digunakan untuk menunjang penelitian ini yaitu daerah aliran sungai, pencemaran air, kualitas air sungai, parameter kualitas air, *self purification*, daya tampung beban pencemaran, model QUAL2Kw, dan penelitian sejenis.

3.2.3 Penentuan Lokasi Penelitian

3.2.3.1 Observasi Lapangan

Hal pertama yang dilakukan sebelum observasi lapangan adalah melakukan analisis kondisi ideal dan kondisi eksisting sehingga didapatkan perbedaan dan timbul permasalahan. Pada penelitian ini, ditemukan sebuah masalah dimana kualitas Kali Surabaya yang seharusnya digunakan sebagai air baku PDAM Kota Surabaya tidak memenuhi baku mutu air kelas I. Dengan adanya permasalahan tersebut, maka didapatkan ide penelitian yaitu penentuan daya tampung beban pencemaran Kali Surabaya (segmen Tambangan Cangkir – Bendungan

Gunungsari) dengan pemodelan QUAL2Kw. Observasi lapangan yang bertujuan untuk mengetahui keadaan sekitar sungai sehingga dapat ditentukan titik sebagai sumber pencemar (*point sources* dan *diffuse sources*).

3.2.3.2 Penentuan Segmentasi

Segmen dalam penelitian ini berjumlah 4 segmen. Pembagian segmen ini didasarkan pada masukan dari anak sungai, adanya tempat untuk pengambilan sampel serta outlet sumber pencemar. Pembagian segmen yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.2. Nantinya pada tiap segmen diambil 1-2 sampel yang mewakili hulu dan hilir tergantung debit air Kali Surabaya. Sampling digunakan untuk mewakili kondisi badan air dalam segmen tersebut, sehingga dapat diidentifikasi kualitas air pada Kali Surabaya.

Lokasi penelitian berada di Kali Surabaya yang mengalir di Wilayah Surabaya, dimana terletak antara bujur $112^{\circ}37'57,6''$ sampai $112^{\circ}43'10,7''$ Bujur Timur dan lintang $7^{\circ}21'56,6''$ sampai $7^{\circ}18'29,1''$ Lintang Selatan. Segmentasi penelitian tercantum pada Tabel 3.1 dan lokasi penelitian pada Gambar 3.2

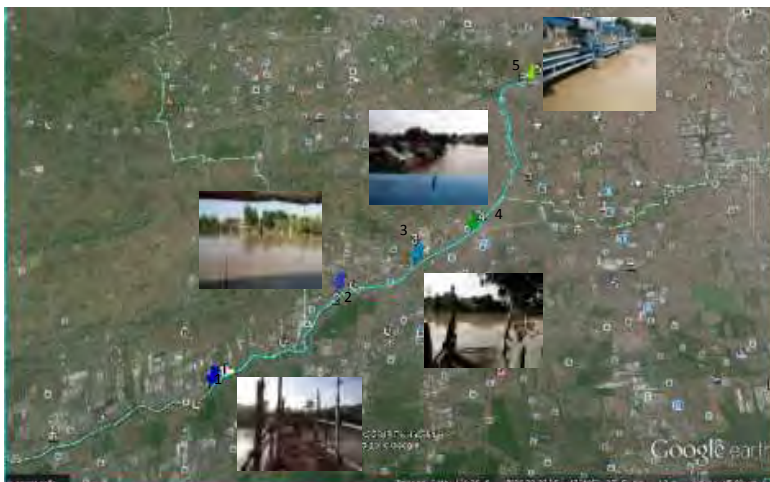
Tabel 3. 1 Segmentasi Penelitian

No	Nama Segmen	Panjang (km)	Koordinat	
			Hulu	Hilir
1	Tambangan Cangkir-Tambangan Bambe	3,60	$7^{\circ}21'57,76''\text{LS}$ $112^{\circ}37'58,52''\text{BT}$	$7^{\circ}21'57,76''\text{LS}$ $112^{\circ}39'58,52''\text{BT}$
2	Tambangan Bambe-IPAM Karang Pilang	3,75	$7^{\circ}21'57,76''\text{LS}$ $112^{\circ}39'58,52''\text{BT}$	$7^{\circ}20'54,54''\text{LS}$ $112^{\circ}40'52,52''\text{BT}$
3	IPAM Karang Pilang-Jembatan Sepanjang	1,75	$7^{\circ}20'54,54''\text{LS}$ $112^{\circ}40'52,52''\text{BT}$	$7^{\circ}20'56,00''\text{LS}$ $112^{\circ}41'42,60''\text{BT}$
4	Jembatan Sepanjang-Bendungan Gunungsari	3,90	$7^{\circ}20'56,00''\text{LS}$ $112^{\circ}41'42,60''\text{BT}$	$7^{\circ}18'29,13''\text{LS}$ $112^{\circ}43'8,00''\text{BT}$

3.2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dibagi menjadi data primer dan data sekunder. Untuk pengumpulan data primer dilakukan orientasi lapangan dengan cara penyusuran sungai untuk mengetahui kondisi sungai, titik sumber pencemar *point sources* dan *diffuse*

sources berdasarkan pengamatan langsung dan pengujian kualitas air meliputi suhu, TSS, pH, DO, BOD, COD, NO_3^- , NH_4^+ , dan PO_4^{3-} .. Sedangkan data sekunder yang dikumpulkan meliputi peta Kali Surabaya, data klimatologi (temperatur udara, curah hujan dan kecepatan angin), profil Kali Surabaya, debit Kali Surabaya, kualitas Kali Surabaya (Suhu, TSS, pH, DO, BOD, COD, NO_3^- , NH_4^+ , dan PO_4^{3-}) dan jumlah penduduk serta industri disekitar Kali Surabaya pada 5 tahun terakhir yaitu tahun 2011 - 2015.



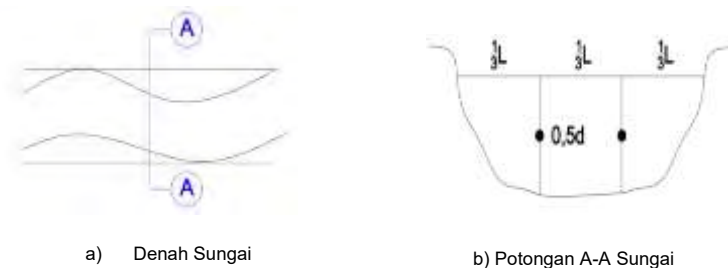
Gambar 3. 2 Lokasi Penelitian

3.2.5 Pengujian Kualitas Air

3.2.5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik sampling didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008 yaitu, titik pengambilan contoh air sungai ditentukan berdasarkan debit air sungai. Untuk debit 5 – 150 m³/detik, sampel pada sungai diambil pada dua titik masing-masing pada jarak 1/3 dan 2/3 lebar sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan. Sedangkan debit air Kali Surabaya sebesar 20-100 m³/detik, maka pengambilan sampel dapat dilakukan seperti pada Gambar 3.3. Menurut Graha

(2015) pengambilan sampel dilakukan pada pukul 00.00 yang dapat dilakukan pemodelan QUAL2Kw versi 5.1.



Gambar 3. 3 Contoh Pengambilan Sampel di Sungai (a) Denah; (b) Potongan

3.2.5.2 Alat Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ada beberapa alat yang dibutuhkan. Sebelum pengambilan sampel alat yang digunakan harus bersih. Cara pengambilan sampel dengan menggunakan ember plastik yang diikat dengan pemberat, selanjutnya untuk menyimpan air sampel dengan menggunakan botol plastik karena mudah di bawa dan relatif aman. Botol plastik dicelupkan ke dalam ember hingga penuh dan tidak ada gelembung udara yang tersisa kemudian botol di tutup. Selanjutnya khusus untuk pengambilan sampel uji parameter DO menggunakan botol *winkler*.

Beberapa alat dan bahan untuk mendukung pengukuran parameter uji yang didasarkan dari *standard method*, yaitu.

1. Botol *winkler* atau botol plastik untuk menyimpan sampel agar tidak ada kontaminan dan oksigen yang masuk ke dalam botol.
2. Bahan kimia yang digunakan dalam pengawetan.
3. Alat pengukur untuk melakukan pengukuran dengan teliti.
4. Termometer untuk mengukur suhu air.
5. *Box* pendingin digunakan untuk menyimpan sampel dengan rentang suhu 2° - 4°C
6. Kamera sebagai alat untuk mendokumentasikan kegiatan sampling.

7. Tali untuk membantu proses sampling.
8. Ember plastik untuk mengambil air dari Kali Surabaya
9. pH meter untuk mengukur pH air (Jika ada).

3.2.5.3 Pengawetan Sampel

Sampel yang diambil pada setiap titik segmen perlu diawetkan, karena sampel tidak langsung dianalisis. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Cara pengawetan sampel untuk beberapa parameter dapat dilihat pada

Tabel 3. 2 Cara Pengawetan dan Penyimpanan Contoh Air

No.	Parameter	Wadah Penyimpanan	Minimum jumlah sampel air yang diperlukan (mL)	Pengawetan	Lama penyimpanan maksimum yang dianjurkan	Lama penyimpanan maksimum menurut EPA
1.	COD	P, G	100	Analisa secepatnya atau tambahkan H_2SO_4 sampai pH < 2, didinginkan	7 hari	28 hari
2.	Nitrat-Nitrogen	P,G	100	Analisa secepatnya atau didinginkan	48 jam	2 hari (28 hari jika contoh air diklorinasi)
3.	Oksigen terlarut Dengan Elektroda Metoda Winkler	G Botol BOD	300	Langsung dianalisa Titrasi dapat ditunda setelah contoh diasamkan	- 8 jam	0,25 jam 8 jam
4.	pH	P, G	-	Segera dianalisa	2 jam	2 jam
5.	Fosfat	G (A)	100	Untuk fosfat terlarut segera disaring, didinginkan	48 jam	

No.	Parameter	Wadah Penyimpanan	Minimum jumlah sampel air yang diperlukan (mL)	Pengawetan	Lama penyimpanan maksimum yang dianjurkan	Lama penyimpanan maksimum menurut EPA
6.	Amonium	P, G	500	Analisa secepatnya atau didinginkan	48 jam	2 hari
7	BOD	P, G	1000	Didinginkan	7 hari	28 hari

Sumber: SNI 6989.57: 2008

Dinginkan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

P : plastik (poli etilen atau sejenisnya)

G (A) : gelas dicuci dengan 1 + 1 HNO_3

3.2.5.4 Uji Kualitas Air

Pengumpulan data primer dilakukan melalui pengukuran langsung dan dilakukan dalam skala laboratorium dengan analisa parameter dan komputasi. Sampel yang telah diambil dianalisis berdasarkan Standart Nasional Indonesia Mengenai kualitas air dan Standart Methods for Examination Water and Waste Water (AWWA, WPCF-APHA, 1995). SNI yang digunakan untuk setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 3.3. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait atau literatur terutama hasil-hasil penelitian dengan kasus serupa.

Tabel 3. 3 Pengujian Parameter Berdasarkan SNI

No	Parameter	SNI
1	<i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	SNI 6989.72:2009
2	<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	SNI 06-6989.15-2004
3	<i>Dissolved Oxygen</i>	SNI 06-6989.14-2004
4	Nitrat	SNI 06-6989.9-2004
5	Phosfat	SNI 06-6989.31-2005
6	Amonium	SNI 06-6989.30-2005
7	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	SNI 06-6989.3-2004

3.2.6 Model QUAL2Kw

Data yang telah terkumpul dilakukan input data dalam *worksheet* program QUAL2Kw dengan ketentuan, yaitu.

- Data klimatologi (arah angin, suhu udara, kecepatan angin dan curah hujan) digunakan untuk mengetahui

- kondisi iklim sepanjang Kali Surabaya yang mungkin akan berpengaruh pada koefisien reaksi dalam air.
- b. Data profil memanjang dan melintang sungai digunakan untuk menentukan segmen sungai yang dikelompokkan dalam beberapa reach.
 - c. Data debit dan kualitas air sungai (Kali Surabaya) digunakan untuk acuan dalam menetapkan ketepatan model.
 - d. Data debit dan kualitas air limbah industri, domestik, pertanian, dan aliran anak sungai dijadikan sebagai input pencemaran point source yang masuk ke Kali Surabaya.
 - e. Data air limbah dari sumber pencemar lain yang masuk tidak melewati titik input yang jelas akan dijadikan sebagai input *non point sources (diffuse sources)* dengan perhitungan pendekatan.

3.2.6.1 Pembangunan Model

Kegiatan pembangunan model menurut Syafi'i dan Ali pada tahun 2011 meliputi langkah berikut ini.

1. *Input data*
Kegiatan ini memasukkan data-data yang telah dianalisis dari data 5 tahun terakhir pada sel-sel model QUAL2Kw dalam format Microsoft excel berdasarkan peta segmentasi yang dibuat. Data yang dianalisis memperhitungkan waktu dan kecepatan air.
2. Penentuan Koefisien Model
Kegiatan ini yaitu *me-running* model berulang kali hingga diperoleh hasil model sesuai dengan (mendekati) kondisi yang sebenarnya. Penyesuaian model dilakukan dengan "trial dan error" nilai koefisien model. Koefisien didapatkan dari data sekunder (penelitian-penelitian sebelumnya).
3. Verifikasi Model
Model yang telah sesuai dengan kondisi sebenarnya dijalankan lagi dengan seri data baru (data satu tahun terakhir). Model dianggap telah sesuai dan bisa digunakan bila hasil model sesuai dengan (mendekati) kondisi yang sebenarnya berdasarkan data yang baru.

3.2.6.2 Simulasi Model

Simulasi dalam penelitian ini terbagi menjadi 6 skenario yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil kualitas dan daya tampung yang sesuai dengan Kali Surabaya. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 61 Tahun 2010, Kali Surabaya kategorikan sebagai air kelas dua. Saat ini Kali Surabaya belum memenuhi baku mutu Kelas II sehingga dilakukan penentuan daya tampung dan berapa penurunan yang harus dilakukan agar memenuhi baku mutu kelas II. Berikut teknik simulasi yang akan digunakan seperti Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Skenario Simulasi

Skenario	Kondisi Air di Hulu	Data Sungai	Sumber Pencemar	Kualitas Air
1	Eksisting	Eksisting	Eksisting	Model
2	Eksisting	Eksisting	Tidak ada sumber pencemar	Model
3	Eksisting	Eksisting	Trial dan Error	Baku Mutu kelas II
4	Memenuhi Baku Mutu Kelas II	Eksisting	Eksisting	Model
5	Memenuhi Baku Mutu Kelas II	Eksisting	Tidak ada sumber pencemar	Model
6	Memenuhi Baku Mutu Kelas II	Eksisting	Trial dan Error	Baku Mutu Kelas II

Penjelasan simulasi menurut Syafi'i dan Ali pada tahun 2011 yang digunakan dalam tercantum pada Tabel 3.4.

Skenario 1

Skenario ini mensimulasikan dari data yang diinput dalam program adalah data eksisting pada kualitas air dari hulu. Data diperoleh dari kualitas air sungai dan sumber pencemar tak tentu dan tertentu. Sumber pencemar tak tentu berasal dari limbah rumah tangga yang masuk ke sungai yang diestimasikan dari jumlah penduduk yang dikalikan dengan factor emisi. Sedangkan sumber pencemar tertentu berasal dari industri (beban limbah

berasal dari efluen industri yang mengarah langsung ke sungai). Beban limbah dari saluran drainase dan lainnya diasumsikan sebagai sumber tak tentu.

Skenario 2

Skenario ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan data existing. Sementara itu, diasumsikan tidak ada sumber pencemaran yang masuk pada Kali Surabaya. Baik limbah industri maupun limbah domestik namun masih ada dari saluran anak sungai ataupun air tanah.

Skenario 3

Skenario ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan data existing. Sementara itu, sumber pencemaran di Kali Surabaya "*trial and error*" sehingga didapatkan kualitas air yang memenuhi baku mutu kelas dua.

Skenario 4

Skenario ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan baku mutu air kelas dua pada PP No. 82 Tahun 2001. Pada skenario ini dilakukan data sumber pencemaran berdasarkan data existing dari beban pencemaran yang ada.

Skenario 5

Skenario ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan baku mutu air kelas dua pada PP No. 82 Tahun 2001. Pada skenario ini dilakukan untuk mengetahui proses *self*-purifikasi sungai apabila tidak ada beban pencemaran yang masuk ke sungai. Skenario ini hanya *inflow* dari anak sungai, air tanah, air hujan, dan saluran drainase.

Skenario 6

Skenario ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan baku mutu air kelas dua pada PP No. 82 Tahun 2001 dan kualitas air di bagian hilir sungai diusahakan sudah memenuhi baku mutu air kelas dua karena data tersebut digunakan untuk menghitung daya tampung sungai dan besaran sumber pencemar. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan "*trial and error*".

3.2.7 Perhitungan Daya Tampung

Perhitungan daya tampung beban pencemaran ini berfungsi untuk mengetahui kemampuan badan air Kali Surabaya dalam menampung batas maksimum limbah yang masuk ke dalamnya perhitungan daya tampung berdasarkan simulasi. Dalam penetapan daya tampung beban pencemaran parameter yang dihitung pada setiap segmen adalah TSS, BOD, COD, NO_3^- , NH_4^+ , dan PO_4^{3-} sehingga dapat diketahui kemampuan Kali Surabaya dalam menampung beban pencemar yang masuk pada tiap segmen. Perhitungan beban pencemaran dengan rumus berikut.

Beban Pencemaran(kg/hari)= Debit (m^3 /detik)xKonsentrasi (mg/L)

Selanjutnya dihitung daya tampung beban pencemaran dengan rumus berikut.

Daya Tampung Beban Pencemaran = Beban Pencemar Penuh
(sesuai baku mutu) – Tanpa pencemaran (eksisting)

Setelah diketahui daya tampungnya, maka akan diperoleh pula nilai penurunan beban pencemaran yang mencemari Kali Surabaya.

3.2.8 Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan didapatkan atas hasil analisa dari data yang telah dilakukan. Kesimpulan yang dibuat mengacu pada tujuan yang hendak dicapai. Selanjutnya, untuk saran penelitian diperoleh dari keterbatasan peneliti dalam melakukan penelitian sehingga dapat diteliti oleh peneliti selanjutnya.

3.2.9 Penyusunan Laporan

Penulisan laporan dilakukan dari tahap awal hingga akhir penelitian dari seluruh pokok bahasan dalam penelitian. Penulisan laporan ini mengacu pada literatur dan mengkonsultasikan hasil analisis dengan dosen pembimbing tugas akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1.1 Observasi Lapangan

Observasi lapangan adalah kegiatan penyusunan Kali Surabaya yang dilakukan pada tanggal 30 Maret 2016. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran umum secara langsung lokasi titik-tik sampling yang selama ini dilakukan secara rutin oleh Perum Jasa Tirta dan data yang diolah oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Timur.

1.2 Segmentasi Sungai

Kali Surabaya akan dianalisis dengan panjang sungai penelitian sekitar 13 km dari titik awal sampling hingga di Bendungan Gunungsari. Segmen ini didasarkan dengan kesesuaian karakteristik kualitas air adanya masukan anak sungai dan perubahan hidrolis sungai. Pembagian segmen dalam pembentukan model QUAL2Kw dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pembagian Segmen Kali Surabaya

No	Nama Segmen	Kilometer	Panjang (km)	Elevasi		Koordinat	
				Hulu	Hilir	Hulu	Hilir
1	Tambangan Cangkir-Tambangan Bambe	13,0-9,40	3,60	13	12	7°21'57,76"LS 112°37'58,52"BT	7°21'57,76"LS 112°39'58,52"BT
2	Tambangan Bambe-IPAM Karang Pilang	9,40-5,65	3,75	12	11	7°21'57,76"LS 112°39'58,52"BT	7°20'54,54"LS 112°40'52,52"BT
3	IPAM Karang Pilang-Jembatan Sepanjang	5,65-3,90	1,75	11	10	7°20'54,54"LS 112°40'52,52"BT	7°20'56,00"LS 112°41'42,60"BT
4	Jembatan Sepanjang-Bendungan Gunungsari	3,90-0,00	3,90	10	9	7°20'56,00"LS 112°41'42,60"BT	7°18'29,13"LS 112°43'8,00"BT

Sumber : Perum Jasa Tirta, BLH dan Hasil Pengamatan, 2016

1. Segmen Tambangan Cangkir – Tambangan Bambe

Segmen awal atau hulu dari Kali Surabaya pada kilometer 13,00 hingga kilometer 9,40. Segmen ini dibagi berdasarkan kualitas air sungai adanya masukan dari pemukiman, industri dan saluran drainase yang berhulu dari

kawasan industri dan pertanian (Kali Tengah). Peta untuk segmen ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Segmen 1-2
Sumber: Google Earth, 2016

2. Segmen Tambangan Bambe – IPAM Karang Pilang

Segmen Tambangan Bambe – IPAM Karang Pilang (Segmen 2-3) pada sungai dari kilometer 9,40 hingga kilometer 5,65. Segmen ini dibagi berdasarkan kualitas air adanya industry, pemukiman dan sebagai air baku PDAM Surabaya. Peta untuk segmen ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Segmen Tambangan 2-3
Sumber: Google Earth, 2016

3. Segmen IPAM Karang Pilang – Jembatan Sepanjang

Segmen IPAM Karang Pilang–Jembatan Sepanjang (Segmen 3-4) dari sungai pada kilometer 5,65 hingga kilometer 3,90. Segmen ini dibagi berdasarkan kualitas air sungai adanya masukan dari pemukiman dan industri. Peta untuk segmen ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Segmen 3-4
Sumber: Google Earth, 2016

4. Segmen Jembatan Sepanjang – Bendungan Gunungsari

Segmen Jembatan Sepanjang – Bendungan Gunungsari (Segmen 4-5) dari sungai pada kilometer 3,90 hingga kilometer 0,00. Segmen ini dibagi berdasarkan kualitas air sungai dari masukan pemukiman dan industri rumah tangga. Peta untuk segmen ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Segmen 4-5
Sumber: Google Earth, 2016

1.3 Kondisi Kali Surabaya

1.3.1 Kondisi Hidrolis

Data Hidrolis Kali Surabaya didapatkan dari hasil orientasi lapangan dan data sekunder yang berasal dari instansi terkait. Data hidrolis sungai mencakup kedalaman sungai rata-rata, lebar rata-rata, dan kecepatan air rata-rata. Kondisi hidrolis dengan sungai dapat dilihat pada Tabel 4.2.

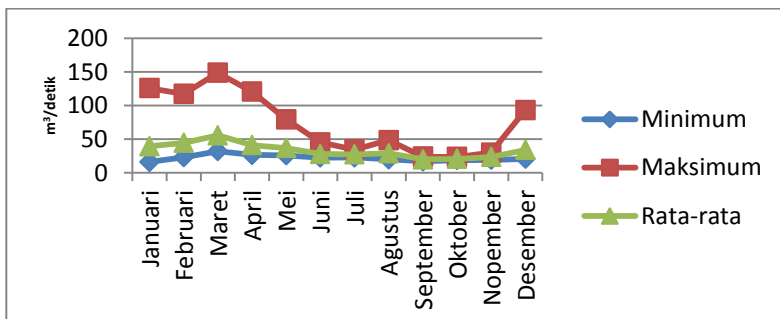
Tabel 4. 2 Kondisi Hidrolis Kali Surabaya

Segmen	Jarak per Segmen (km)	Kedalaman (m)	Lebar (m)	Kecepatan aliran (m/detik)	Debit Rata-rata (m ³ /detik)
1-2	13,0-9,40	2,96	42,22	0,41	51,238
2-3	5,65-9,40	2,96	42,22	0,41	44,698
3-4	3,90-5,65	4,31	47,14	0,22	44,698
4-5	0,00-3,90	3,66	51,18	0,18	36,389

Sumber : Dinas PU Pengairan Provinsi Jawa Timur dalam Syafi'i , 2011

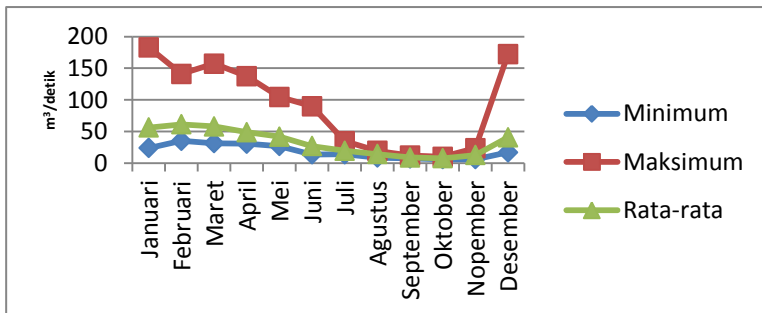
1.3.2 Kondisi Debit Kali Surabaya

Kali Surabaya setiap tahunnya menunjukkan pola perubahan debit yang seragam sepanjang tahun 2012 hingga 2015. Debit di Mlirip Titik pantau mlirip mecapai 15 - 120 m³/detik, sedangkan di Bendungan Gunungsari mencapai 16-190 m³/detik. Fluktuasi hasil pemantauan debit Mlirip dan Gunung sari ditunjukkan dalam grafik Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Fluktuasi Debit DAM Mlirip - Mojokerto

Sumber: PJT, 2016



Gambar 4. 6 Fluktuasi Debit Bendungan Gunungsari - Surabaya
Sumber: PJT, 2016

1.3.3 Kondisi Kualitas Air Kali Surabaya

Kualitas air Kali Surabaya diperiksa melalui Perum Jasa Tirta (PJT) yang dilakukan setiap bulan selama 5 tahun pada 2011-2015 yang digunakan sebagai input data dapat dilihat pada Lampiran 2.1. Kondisi kualitas air Kali Surabaya yang digunakan dalam pemodelan yang digunakan yaitu kualitas air rata-rata agar persebaran pencemar yang representatif. Verifikasi data tersebut dilakukan dengan kegiatan sampling pada Kali Surabaya yang dilakukan pada tanggal 30 Maret 2016 yang dimulai pada jam 10.00 WIB. Kegiatan tersebut dilakukan secara berurutan dari hulu ke hilir. Kualitas hasil orientasi lapangan dan pengujian laboratorium terdapat pada Lampiran 2.2. Berdasarkan data sekunder dari (PJT) dan hasil sampling, didapatkan kualitas air Kali Surabaya yang dimodelkan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kualitas Air Kali Surabaya

Titik Pantau	Suhu	pH	TSS	DO	BOD	COD	PO ₄	NO ₃	NH ₄
	°C		mg/L						
Tambangan Cangkir	29,02	7,73	139,72	6,40	5,48	13,58	1,15	1,95	0,24
Tambangan Bambe	29,31	7,68	123,04	5,56	5,19	13,01	1,11	1,93	0,33
IPAM Karangpilang	28,92	7,67	137,31	5,56	5,41	12,97	1,08	2,01	0,24
Jemb, Sepanjang	28,91	7,61	175,71	5,71	4,74	11,75	1,05	1,95	0,26
Bendungan Gunungsari	28,48	7,41	160,54	6,42	4,75	11,16	0,94	2,10	0,31

Sumber: PJT dan Hasil Analisis, 2016

1.3.4 Kondisi Kualitas Sumber Pencemar

Sumber Pencemar yang terdapat dapat berupa *point source* atau aliran masuk melalui titik tertentu yang diketahui ataupun *non-point source* atau aliran masuk yang tidak tentu salurannya dan bersifat merata di sepanjang sungai. Pada pembentukan Kali Surabaya ini, yang termasuk sumber pencemaran *point sources* adalah anak sungai dan saluran drainase yang masuk ke Kali Surabaya, sedangkan yang termasuk sumber pencemaran *non point sources* meliputi air limbah rumah tangga, air limbah kotoran manusia, air limbah pertanian dan air tanah. Data Kondisi kualitas air limbah sumber pencemar *point source* pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Kualitas Air dari Sumber Pencemar *Point Source*

Nama Perusahaan	Jenis Industri	Lokasi (KM)	Debit Masuk ke Sungai	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
Priscolin, PT***	minyak goreng	10,650	0,000006	0,180	0,710	0,490
Kali Tengah**	saluran	9,350	0,800000	21,600	53,800	47,800
Surabaya Mekabox, PT*	kertas	10,600	0,032180	59,410	263,52	16,000
Surabaya Wire, PT***	kawat	9,300	0,003000	4,320	14,530	11,350
Kedawung Setia, PT*	karton box	9,100	0,001629	3,310	7,660	4,270
Spindo, PT*	pipa baja	9,000	0,008559	11,990	31,840	12,070
Suparma, PT*	kertas	8,800	0,100000	9,215	43,075	66,000
Sarimas Permai, PT*	minyak kelapa	7,700	0,000652	13,040	50,410	27,000
Kali Pelayaran**	anak sungai	7,150	2,500000	4,800	0,000	0,000
Saluran warugunung**	anak sungai	7,100	0,600000	55,100	0,000	0,000
Asia Victory, PT*	keramik	7,400	0,001870	2,720	8,550	12,990
IKI Mutiara, PT*	plastik	7,050	0,010856	38,670	117,33	80,040
Sumber Baru, CV***	konfeksi	7,050	0,001631	34,830	86,490	17,910
Perusahaan Tegel Jombang*	keramik	5,720	0,015162	37,870	122,92	265,90
Bangun, CV*	Ubin	5,700	0,000100	0,070	0,220	0,520
Perusahaan Tahu Purnomo*	Tahu	5,640	0,000554	343,80	819,50	480,00
Jayabaya Raya, PT*	deterjent	5,490	0,000263	0,054	2,390	0,920

Nama Perusahaan	Jenis Industri	Lokasi (KM)	Debit Masuk ke Sungai	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)
Pakabaya Jaya, PT*	korek api/kimia	5,340	0,002448	16,210	33,140	14,810
FA Cemara Agung***	minyak kelapa	3,940	0,000516	24,090	58,280	12,090
Gawerejo, PT*	pakaian	3,700	0,000652	3,230	5,060	4,040
Bintang Apollo, PT***	benang/konveksi	3,350	0,001640	38,030	107,12	6,900
Perusahaan Tahu Halim Jaya*	tahu	2,340	0,002000	437,85	1040,5	397,00
Perusahaan Tahu Gunung Sari*	tahu	2,310	0,003029	139,20	409,80	301,00

Sumber : BLH Provinsi Jawa Timur (2016)*, Syafii dan Ali (2011)** dan Suwari (2010)***

4.2 Penggunaan Air Kali Surabaya

Badan air Kali Surabaya dapat dipengaruhi oleh debit *point source* dan *non-point source*. *Point source* terdiri dari limbah industri dan saluran anak sungai (drainase). *Non-point source* dari air tanah, limbah domestik, limpasan hujan. Debit air sungai juga dapat dipengaruhi saluran yang keluar atau masuk, serta pengambilan air langsung untuk bangunan intake atau proses kegiatan industri. Data penggunaan air Kali Surabaya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Penggunaan Air dari Point Source

Nama Perusahaan	Keterangan Jenis Industri	Lokasi (KM)	Debit (m3/detik)
Surabaya Mekabox, PT*	Kertas	10,60	0,055
Kedawung Setia, PT*	karton box	9,10	0,020
Spindo, PT*	pipa baja	9,00	0,023
Suparma, PT*	Kertas	8,80	0,134
Sarimas Permai, PT*	minyak kelapa	7,70	0,010
Asia Victory, PT*	Keramik	7,40	0,285
IKI Mutiara, PT*	Plastic	7,05	0,010
Sumber Agung, UD*	Plastic	6,79	0,050
IPAM Karang Pilang*	air minum	5,65	4,700
Perusahaan Tahu Su'od*	Tahu	6,22	0,090

Nama Perusahaan	Keterangan Jenis Industri	Lokasi (KM)	Debit (m3/detik)
Perusahaan Tegel Jombang*	keramik	5,72	0,001
Bangun, CV*	ubin	5,70	0,002
Perusahaan Tahu Purnomo*	tahu	5,64	0,011
Jayabaya Raya, PT*	deterjent	5,49	0,008
Pakabaya Jaya, PT*	korek api/kimia	5,34	0,010
Saluran Pagesangan**	saluran	4,10	0,024
Gawerejo, PT*	pakaian	3,70	0,003
Petrokimia**	pupuk	2,60	0,250
Saluran Kebon Agung**	saluran	2,90	0,249
Perusahaan Tahu Halim Jaya*	tahu	2,34	0,010
Perusahaan Tahu Gunung Sari*	tahu	2,31	0,004
Perusahaan Tahu Kedurus***	tahu	2,30	0,010
Saluran Jambangan**	saluran	1,90	0,024
Saluran Karah**	saluran	0,40	0,015
Yani Gof*	olahraga	0,15	0,030
Saluran Gunungsari**	saluran	0,00	0,024

Sumber : BLH Provinsi Jawa Timur (2016)*; Syafi'i dan Ali (2011)**; dan Suwari (2010)***.

4.3 Pembentukan Model

Segmen (*reach*) sungai telah dibentuk, selanjutnya memasukkan data kedalam program QUAL2Kw. Data yang dimasukkan meliputi identitas sungai, debit dan kualitas hulu, identitas *reach*, sumber perencanaan *point sources* dan *non point sources*, koefisien model, data hidrolis berupa sungai debit dan kualitas air sepanjang sungai serta data pendukung lainnya, seperti data kecepatan angin dan suhu udara. Setelah data dimasukkan pada media input (Microsoft excel 2003), program QUAL2Kw dijalankan dengan melakukan klik pada [Run VBA]. Dalam beberapa detik program QUAL2Kw akan menyelesaikan perhitungannya dan menampilkan hasil model pada *worksheet* yang menampilkan grafik tiap parameter.

Parameter hasil pemodelan dengan QUAL2Kw secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu parameter hidrolis (*depth, velocity, flow*) dan parameter kualitas air (*pH, temperature, ISS, DO, CBOD_f, Generic Constituent, NO₃, NH₃, PO₄*). Parameter kualitas air yang dimodelkan pada studi ini disesuaikan dengan parameter yang ada pada data sekunder yang tersedia. Parameter yang dimodelkan tersebut ditampilkan daftarnya dalam Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Parameter Kualitas Air yang Dimodelkan

No	Nama Parameter	Nama Parameter pada Qua2Kw
1	pH	<i>Ph</i>
2	Temperatur (°C)	<i>Temperature</i> (°C)
3	DO (mg/L)	<i>Dissolved Oxygen</i> (mg/L)
4	BOD (mg/L)	<i>CBOD fast</i> (mg/L)
5	COD (mg/L)	<i>Generic Constituent</i> (mg/L)
6	TSS (mg/L)	<i>ISS</i> (mg/L)
7	NO ₃ (mg/L)	<i>NO₃</i> (µg/L)
8	NH ₄ (mg/L)	<i>NH₄</i> (µg/L)
9	PO ₄ (mg/L)	<i>Inorganic Fosfat</i> (µg/L)

Sumber : QUAL2Kw,2016

Model kualitas air terbentuk dari data parameter kualitas air yang dimasukkan kedalam *worksheet, headwater, Reach, Point Sources* dan *diffuse Sources*. Model hidrolis yang berupa model kedalaman dan kecepatan sungai terbentuk dari data hidrolis sungi yang diinput kedalam *worksheet Reach*. Data hidrolis tersebut meliputi koordinat titik, *reach*, elevasi *reach*, lebar *reach*, lebar dan tinggi terjunan, *slope* saluran serta koefisien manning. Sementara itu model debit sungai terbentuk dari data debit yang dimasukkan pada *worksheet headwater, point sources* dan *Diffuse Sources*.

4.4 Kalibrasi Model

Kalibrasi model dilakukan untuk membuat model yang mendekati data. Kalibrasi dilakukan karena ada perbedaan variasi data pada waktu yang berbeda, baik dat kualitas air sungai maupun kualitas air limbah. Data yang digunakan untuk verifikasi adalah input data pada *worksheet WQ Data* (Untuk data

kualitas air sungai) dan *Worksheet Hydraulics Data* (untuk data hidrolik sungai).

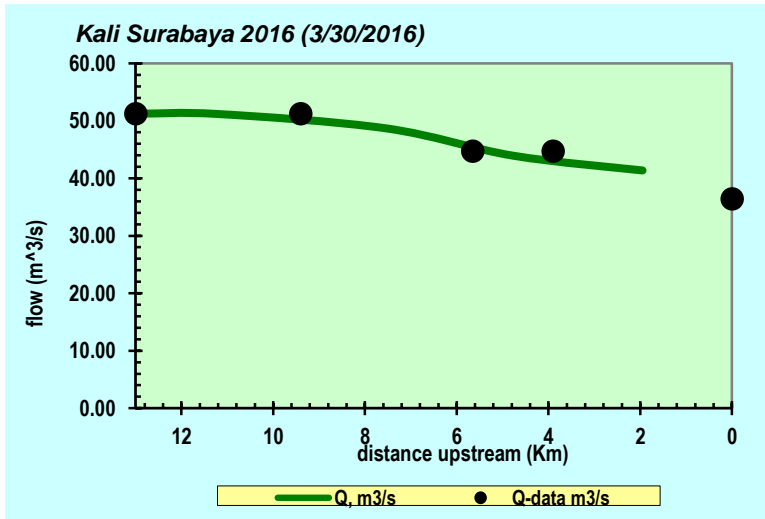
Model parameter hidrolik merupakan parameter yang pertama harus dikalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengubah – ubah (*trial and error*) variable yang sesuai dengan parameter yang dimodelkan hingga model parameter mendekati data yang telah diinput. Model kedalaman sungai (*depth*) dan kecepatan aliran sungai (*velocity*) menggunakan *trial and error* pada koefisien manning dan kemiringan (*slope*) saluran pada *worksheet Reach*. Model debit (*flow*) menggunakan *trial and error* pada debit *non-point sources* di *worksheet Diffuse Sources*. Debit *non point sources* bisa diubah – ubah karena debit tersebut sulit diukur dan tidak ada data sekundernya.

Hasil model kecepatan aliran dan kedalaman sungai dipengaruhi oleh data yang dimasukkan dalam *worksheet Reach*. Khususnya pada kolom *Hydraulic Model* seperti ditunjukkan pada gambar. Pada kolom *Hydraulic Model* terdapat 3 sub kolom yaitu *Weir*, *Rating Curves* dan *Manning Formula*. Kolom *Weir* digunakan untuk mengisikan data terjunan. Kolom *Rating Curves* dan *Manning Formula* digunakan untuk menghitung kecepatan dan kedalaman seperti pada Gambar 4.7. Grafik hasil perbandingan model dengan data untuk parameter debit, kedalaman sungai, dan kecepatan aliran, akan disajikan pada Gambar 4.8 hingga Gambar 4.10.

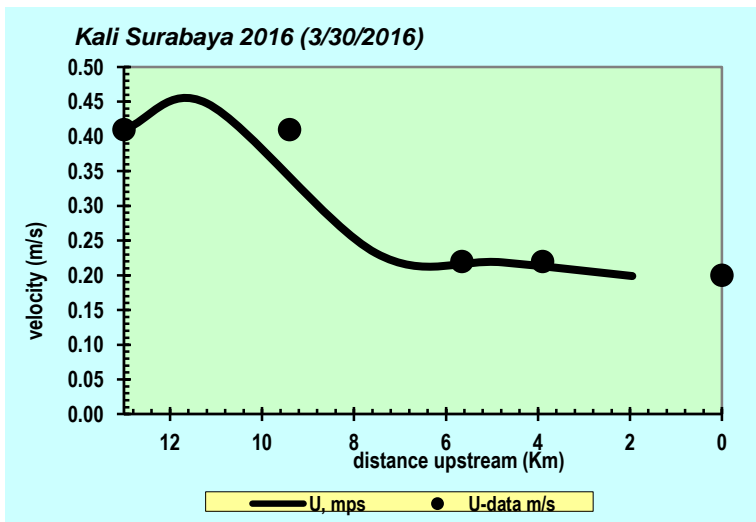
Hasil model debit aliran dipengaruhi oleh debit yang dimasukkan sebagai kualitas air sungai maupun sumber pencemar. Data debit yang mempengaruhi model debit adalah data debit yang dimasukkan dalam *worksheet Headwater*, *point sources* dan *diffuse sources*. Data debit *non-point sources* atau *diffuse sources*. yang masuk untuk limbah domestik ($0,001 - 0,01 \text{ m}^3/\text{detik}$ terdapat pada Lampiran B) berdasarkan perhitungan jumlah rumah yang ada di bantaran Kali Surabaya. Sedangkan data debit *non-point sources* yang keluar diasumsikan terdiri dari air tanah ($1,5 - 2 \text{ m}^3/\text{detik.km}$) serta pengairan ladang warga ($0,05 \text{ m}^3/\text{detik.km}$).

Hydraulic Model (Weir Overrides Rating Curves; Rating Curves Override Manning Formula)										
Weir		Rating Curves				Manning Formula				
Height	Width	Velocity		Depth		Channel	Manning	Bot Width	Side	Side
(m)	(m)	Coefficient	Exponent	Coefficient	Exponent	Slope	n	m	Slope	Slope
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000029	0.0248	42.22	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000039	0.0250	42.22	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000029	0.0560	47.14	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000009	0.0323	47.14	0.00	0.00
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000013	0.0418	51.18	0.00	0.00

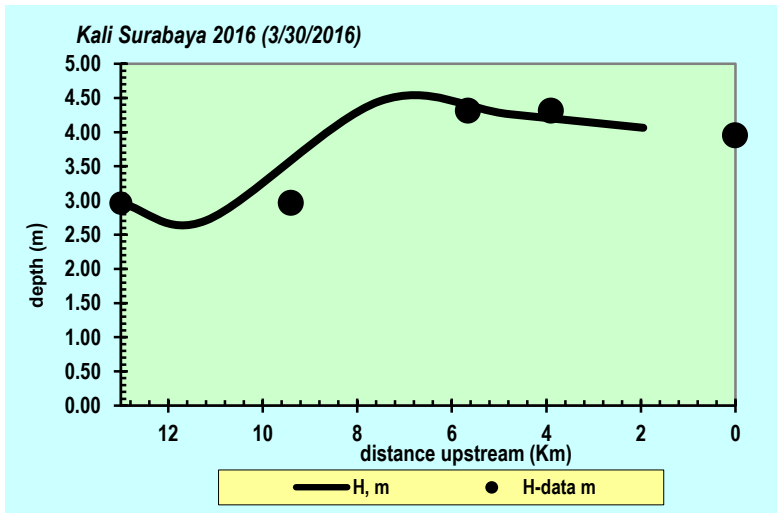
Gambar 4. 7 Kolom *Hydraulic Model* pada *Worksheet Reach*



Gambar 4. 8 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Debit Sungai

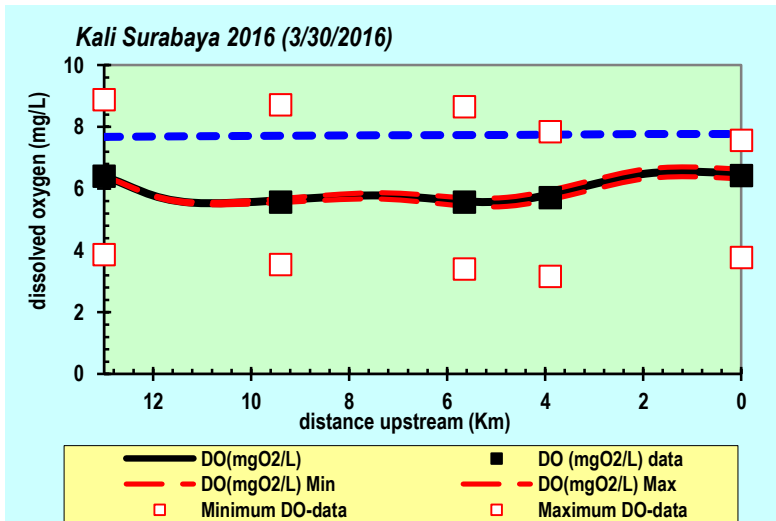


Gambar 4. 9 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Kecepatan Aliran Sungai



Gambar 4. 10 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Kedalaman Sungai

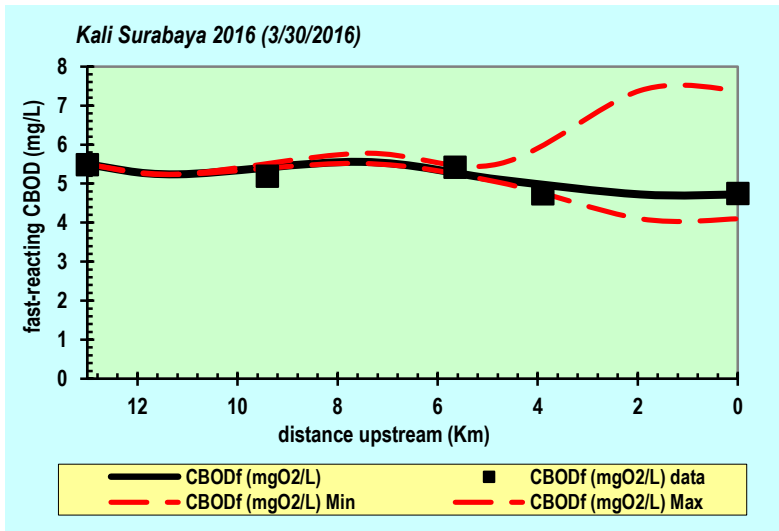
Setelah model parameter hidrolik sungai mendekati data, dilakukan kalibrasi berikutnya, yaitu kalibrasi model parameter kualitas air sungai. Kalibrasi model kualitas air sungai dilakukan dengan melakukan *trial and error* pada koefisien di *worksheet rates* dan *Reach Rates* serta pada kualitas pencemar *non point sources* di *worksheet Diffuse Sources*. Perbedaan *Worksheet Rates* dengan *Reach Rates* adalah pada wilayah *Reach* yang dipengaruhi. Koefisien pada *worksheet Reach Rates* merupakan koefisien yang berpengaruh pada aliran sepanjang sungai, sedangkan koefisien pada *worksheet Reach Rates* merupakan koefisien yang berpengaruh pada aliran air setiap *reach* (koefisien dapat dibedakan untuk setiap *reach*). Grafik hasil perbandingan model dengan data untuk parameter kualitas air sungai (DO, BOD, COD, PO₄, NO₃, NH₄, TSS, pH dan Temperatur) dapat dilihat pada gambar 4.11 hingga Gambar 4.19



Gambar 4. 11 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter *Dissolved Oxygen* (DO)

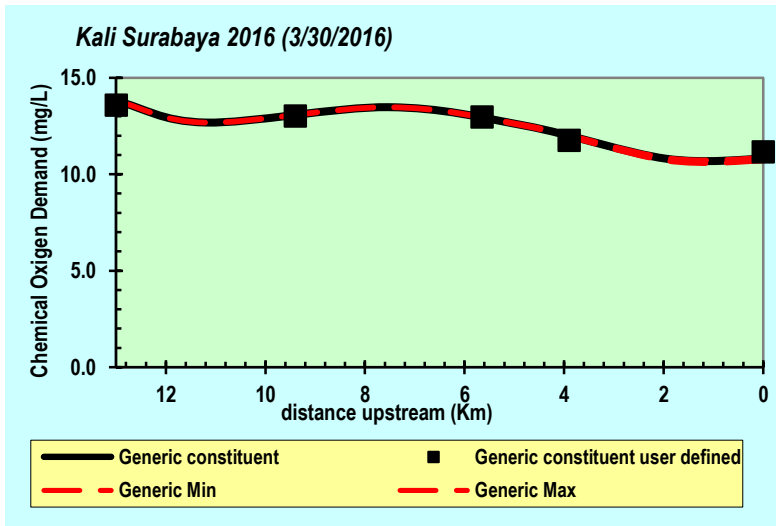
Hasil model parameter DO pada Gambar 4.11 menunjukkan bahwa DO *saturation* (DO jenuh) berada pada nilai 7,7 mg/L (ditunjukkan oleh garis putus-putus berwarna biru). Model DO tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan Trend garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam(data).

DO merupakan parameter untuk melihat kemampuan self purifikasi sungai. Pada model digambar 5.6 terlihat bahwa DO turun pada kilometer 13 – 4,78, kemudian naik terus hingga hilir. Kadar DO yang turun disebabkan adanya proses self purifikasi yang berjalan, yaitu proses degradasi senyawa organik. DO yang naik menunjukkan bahwa beban senyawa organik yang akan dioksidasi oleh DO telah menjadi lebih rendah daripada kandungan DO itu sendiri.



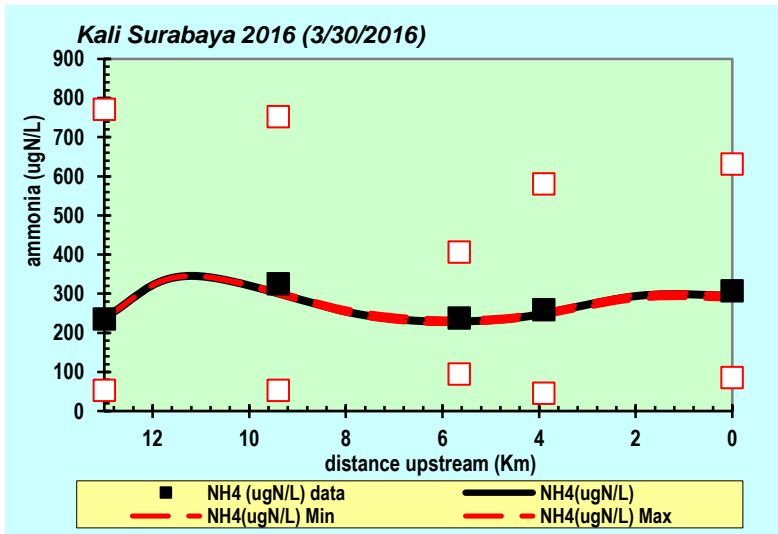
Gambar 4. 12 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter
Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Pemodelan parameter BOD pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa model BOD tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Terlihat pada kilometer 13.0 – 9,4 terjadi penurunan BOD lalu naik pada kilometer 9,4 – 5,65 karena adanya sumber pencemar yang masuk dan pada kilometer 5,65 – 0 BOD turun kembali dengan drastis pula. Penurunan BOD tersebut lalu dipengaruhi oleh DO untuk mendegradasi organik. Hal ini terjadi karena BOD diturunkan oleh DO, sedangkan tanpa adanya tambahan sumber DO dari point source yang masuk, DO yang terdapat pada sungai akan semakin berkurang karena terus menerus digunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik. BOD kemudian naik bersama DO karena adanya *point source* pada awal segmen 2 debit besar dan konsentrasi pencemar lebih besar dari segmen 1.



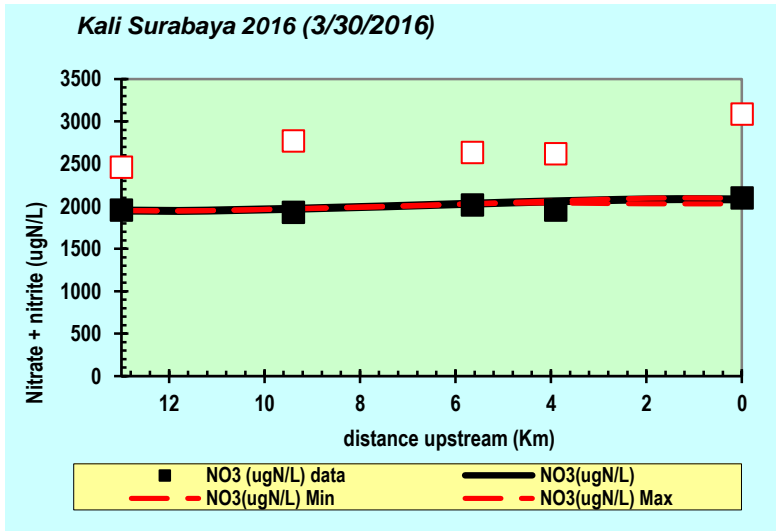
Gambar 4.13 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pemodelan parameter COD pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa model BOD tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Terlihat pada kilometer 13.0 – 9,4 terjadi penurunan COD karena terjadi degradasi limbah (*self purification*) lalu naik pada kilometer 9,4 – 5,65 karena adanya sumber pencemar yang masuk dan pada kilometer 5,65 – 0 COD turun kembali dengan drastis pula. Penurunan simulasi COD tersebut diikuti dengan penurunan simulasi BOD karena BOD merupakan salah satu komponen COD. Hal ini terjadi karena zat organik dan anorganik didegradasi oleh oksigen secara kimiawi. Grafik simulasi COD akan dipengaruhi oleh grafik simulasi DO dan mempengaruhi BOD. Nilai BOD dan COD perlu diketahui dalam suatu parameter pencemaran karena rasio perbandingan BOD/COD akan menentukan pengolahan yang terjadi di dalam perairan. Pada perairan sungai seharusnya terjadi pengolahan secara biologis (*self purification*) dengan perbandingan rasio BOD/COD ≥ 0.5 .



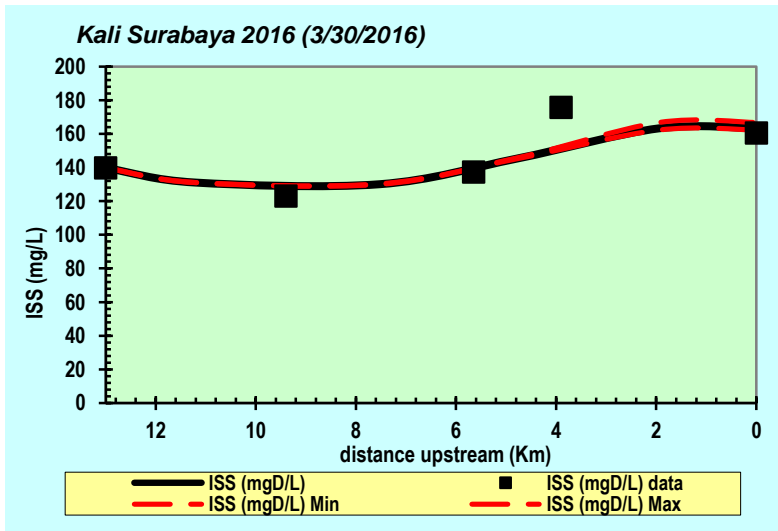
Gambar 4.14 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Amonium

Hasil model parameter Amonium pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa model tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Pola naik Amonium dipengaruhi oleh adanya masukan pencemar dan pola turun disebabkan adanya *self purification* dari senyawa Amonium di sungai. Amonium dipengaruhi oleh pH, jika pH rendah maka menjadi Amonium dan jika pH tinggi menjadi amoniak sebelum proses nitrifikasi. Proses amonifikasi dipengaruhi oleh pendegradasian dari BOD maupun COD oleh DO sehingga menghasilkan Amoniak/Amonium yang selanjutnya akan dioksidasi menjadi Nitrit dan Nitrat untuk proses nitrifikasi. Grafik Amonium dipengaruhi oleh DO, BOD dan COD dan akan mempengaruhi grafik dari nitrit/Nitrat pada pemodelan ini. Pada Pemodelan ini antara satu parameter dan lainnya saling berkaitan.



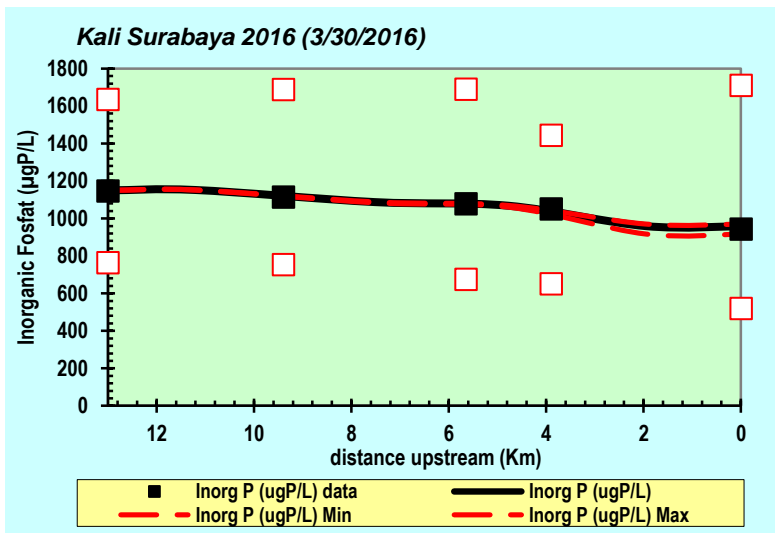
Gambar 4.15 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Nitrat

Hasil model parameter Nitrat pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa model Nitrat tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Pada QUAL2Kw disebut *Nitrate/ nitrite* disebabkan asumsi yang menyatakan bahwa nitrogen dalam bentuk nitrit sangat sedikit sekali karena tidak stabil dengan keberadaan oksigen (Effendi, 2003). Sehingga dalam QUAL2Kw diasumsikan bahwa kandungan nitrogen dalam bentuk Nitrat juga menyertakan nitrit dalam perhitungannya. Hal tersebut membuat pengolahan data sekunder untuk parameter ini dilakukan dengan menjumlahkan konsentrasi NO_3 (Nitrat) dan NO_2 (nitrit), namun pada laporan ini tetap disebut NO_3 (Nitrat). Pada model parameter Nitrat ini mengalami peningkatan hingga hilir karena proses nitrifikasi yang berlangsung di perairan. Pembentukan Nitrat tergantung dengan adanya oksigen dan bakteri dalam air.

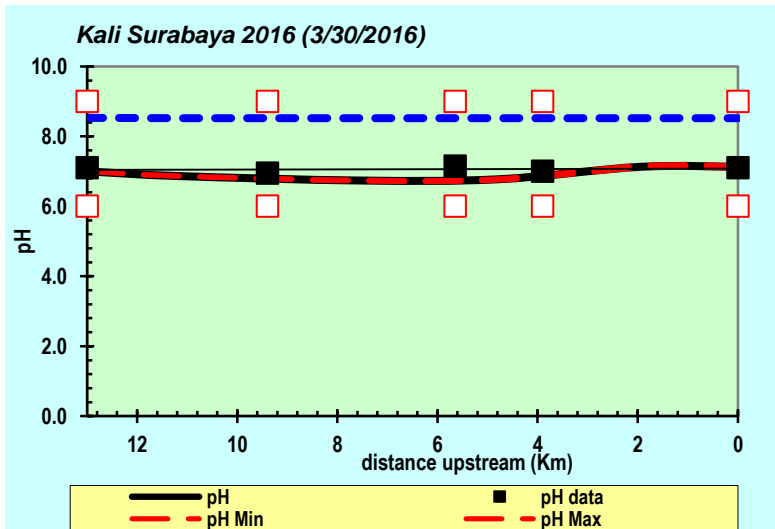


Gambar 4. 166 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter *Total Suspended Solid (TSS)*

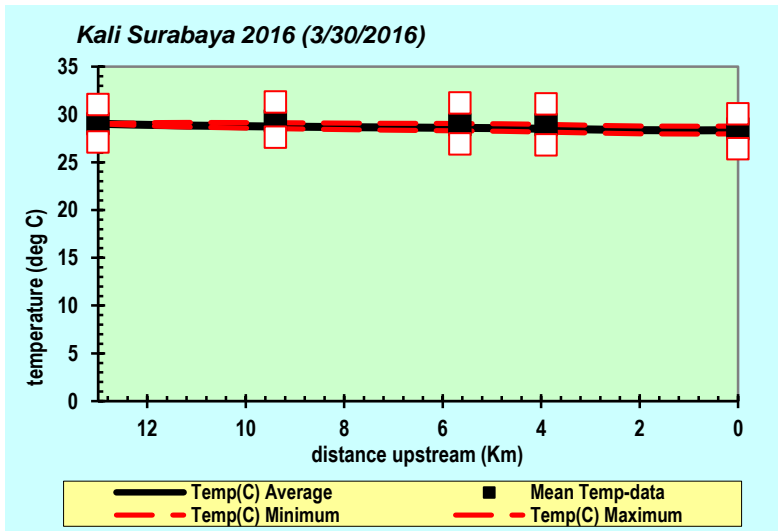
Hasil model parameter TTS pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa model TSS tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Pada grafik terlihat konsentrasi TSS menurun dari kilometer 13 – 9,4 dikarenakan adanya pengendapan sehingga menyebabkan suspensi mengendap. Kemudian, grafik naik lagi sangat drastis hingga kilometer hilir karena adanya *inflow* dari sumber pencemar dan dan tidak terjadi pengendapan atau terbawa arus. Fluktuasi tersebut disebabkan adanya perbedaan kecepatan aliran dan kedalaman. Perbedaan kecepatan aliran (horizontal dan vertikal) menyebabkan endapan yang ada pada kedalaman tertentu tidak terendapkan melainkan terbawa arus. Pengendapan juga tergantung pada besar partikel yang terbawa di dalam air. Peningkatan TSS tersebut juga disebabkan adanya *inflow* yang cukup besar dari *point source* dan *non-point source* dari limbah air buangan yang membawa partikel ataupun endapan.



Gambar 4. 17 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Fosfat



Gambar 4. 18 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter pH



Gambar 4. 19 Perbandingan Model dan Data untuk Parameter Temperatur

Model parameter Fosfat pada Gambar 4.17, parameter pH pada Gambar 4.18 dan temperatur air sungai pada Gambar 4.19 menunjukkan bahwa model tersebut sudah mendekati data. Hal ini ditunjukkan dengan tren garis (model) yang terlihat telah mengikuti tren titik kotak hitam (data). Nilai Fosfat turun di semua segmen disebabkan karena terdegradasinya polutan akibat adanya *self purification* pada sungai. Fosfat merupakan senyawa anorganik yang bisa berikatan dengan senyawa lain. Fosfat tidak dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Model temperatur dan pH cukup stabil dan memenuhi baku mutu badan air kelas II (pH: 6 – 9, temperature: deviasi 3).

Semua parameter hasil model telah terkalibrasi, maka model siap digunakan untuk simulasi kualitas air Kali Surabaya. Koefisien model yang telah terverifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.7. Sedangkan batasan nilai koefisien yang diacu disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4. 7 Koefisien Model yang Terverifikasi

Reach Label	oxygen	ISS	Fast CBOD	NH ₄	NO ₃		PO ₄	Generic Constituent	
	Pre-scriben Re-aeration	Settling Velocity	Oxi-dation Rate	Nitrifi-cation Rate	Denitri Rate	Sed. Denitri Transfer Coeff	Settling Velocity	Decay Rate	Settling Velocity
	/d	m/d	/d	/d	m/d	m/d	m/d	/d	m/d
1	15,000	2,000	0,15	1E-79	0,00001	0,00001	0	0,5	0,1
2	40,000	0,100	0,3	1,6	0,00001	0,00001	0,5	0,1	0,1
3	40,000	0,100	0,8	1,5	0,00001	0,00001	1	0,5	0,1
4	65,000	0,000	0,8	0,000001	0,00001	0,00001	2	0,4	0,1

Tabel 4. 8 Rentang Nilai Koefisien Tipikal

Nama Koefisien	Unit	Rentang Nilai
Reaeration	day ⁻¹	0,02 -3,4
ISS Settling Velocity	m/day	0 – 2
CBOD Oxidation Rate	day ⁻¹	0,02 – 4,2
NH ₄ Nitrification Rate	day ⁻¹	0 – 10
NO ₃ Denitrification Rate	day ⁻¹	0 – 2
NO ₃ Sed. Denitri Transfer Coeff.	day ⁻¹	0 – 1
PO ₄ Settling Velocity	m/day	0 – 2

Sumber: Kannel (2007)

Pada *worksheet Rates* terdapat nilai yang disebut *Fitness*. Nilai *Fitness* menentukan tingkat kebaikan dari sebuah model. Rentang nilai *Fitness* adalah 0 hingga 1. Pada model hasil verifikasi didapatkan nilai *Fitness* sebesar 0,6694 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 *Fitness* pada *Worksheet Rates*

4.5 Simulasi Kualitas Air

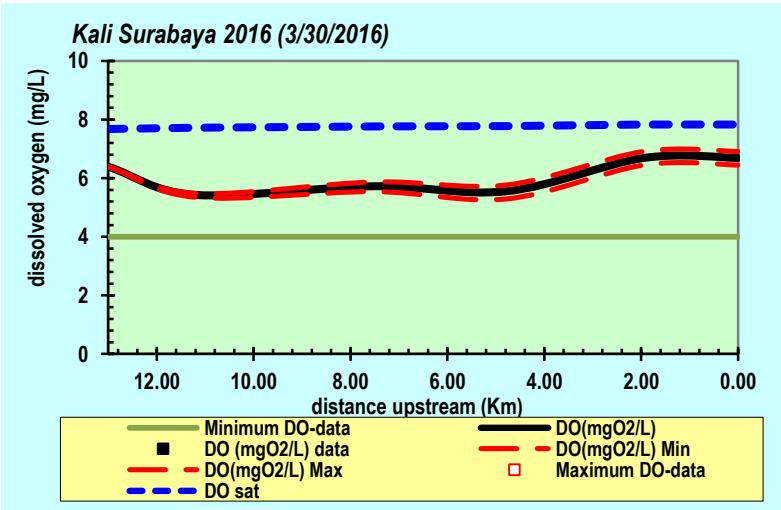
Model kualitas air Kali Surabaya yang telah dihasilkan dari *running* program QUAL2Kw dapat dipergunakan untuk memperkirakan kualitas air dengan skenario yang diinginkan. Proses untuk memperkirakan kualitas air sesuai dengan skenario ini disebut proses simulasi. Parameter kualitas air yang disimulasi adalah TSS, DO, BOD, COD, PO₄, NO₃, dan NH₄. Untuk parameter Temperatur dan pH dalam penelitian ini untuk semua simulasi masih memenuhi baku mutu (pH masih pada rentang 6-9, suhu dengan deviasi 3). Simulasi yang dilakukan dengan mengasumsikan debit, kualitas air di hulu (Cangkir), kondisi sumber pencemar dan kualitas air di sepanjang Kali Surabaya mengikuti skenario pada Tabel 3.4 Skenario Simulasi.

Perhitungan daya tampung beban pencemaran Kali Surabaya pada kondisi eksisting, maka dibuatlah simulasi skenario tanpa pencemar yang masuk dan skenario dengan pencemar penuh (memenuhi baku mutu air kelas II). Perhitungan daya tampung tersebut dilakukan dengan debit minimum (sesuai dengan KepMen LH No.110 Tahun 2003). Simulasi dengan kualitas air di hulu sesuai kondisi eksisting dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh berbagai kondisi sumber pencemaran di sepanjang sungai dengan membiarkan di hulu sesuai dengan kondisi yang dilaporkan. Skenario ini juga dibuat dengan adanya beban pencemaran dengan mengabaikan kondisi di hulu (kondisi di hulu dianggap memenuhi baku mutu air kelas II). Kondisi ini dilakukan untuk mengetahui adanya beban pencemaran yang hanya ditimbulkan pada segmen Tambangan Cangkir hingga Bendungan Gunungsari. Hasil simulasi yang ditampilkan pada laporan ini dari *Worksheet WQ Output*. *Worksheet WQ Output* merupakan *worksheet* yang menampilkan sumber data untuk kualitas air sungai yang ditampilkan pada sub bab 4.5.1 hingga 4.5.6.

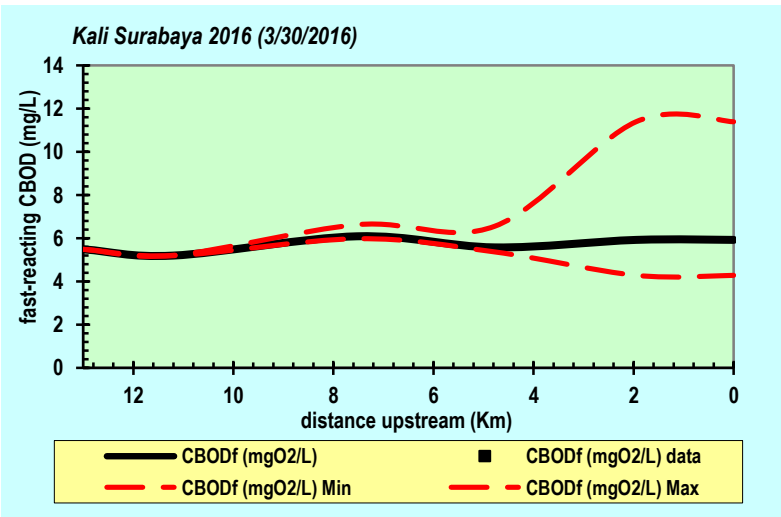
4.5.1 Skenario 1

Simulasi pada skenario 1 dilakukan dengan menggunakan sumber pencemaran eksisting, yaitu data *point sources* dan *non-point sources* yang telah digunakan sejak pembentukan model diawal. Simulasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sumber pencemar eksisting terhadap

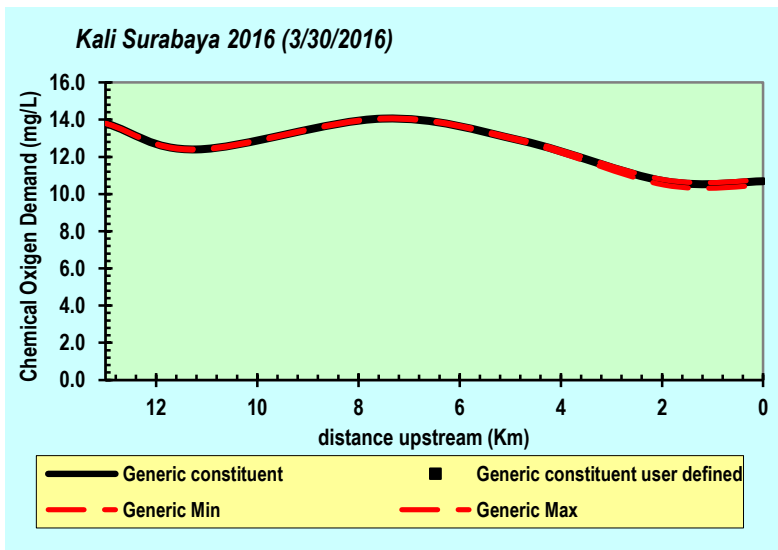
kualitas air sungai di setiap segmen hingga hilir. Hasil Simulasi pada skenario 1 ditunjukkan Gambar 4.21 hingga Gambar 4.27.



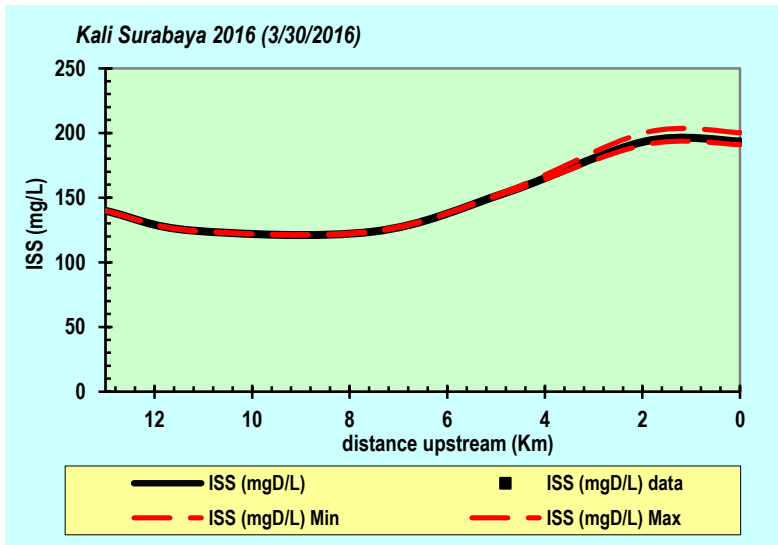
Gambar 4. 21 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



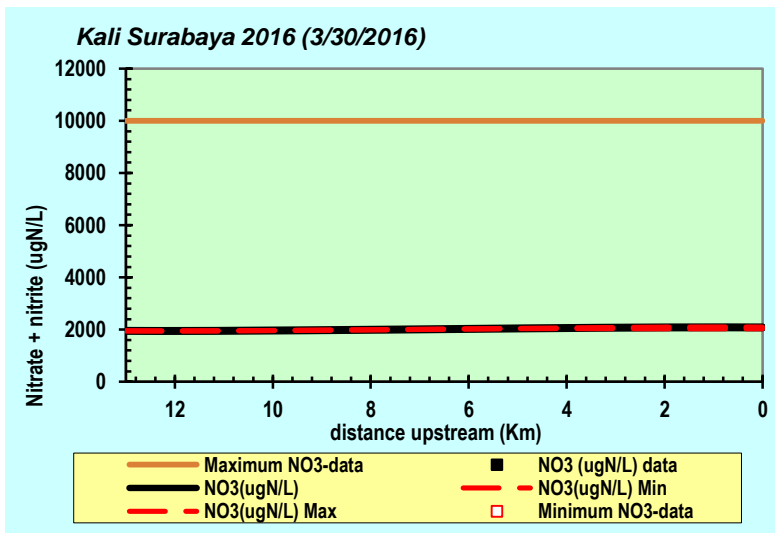
Gambar 4. 22 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



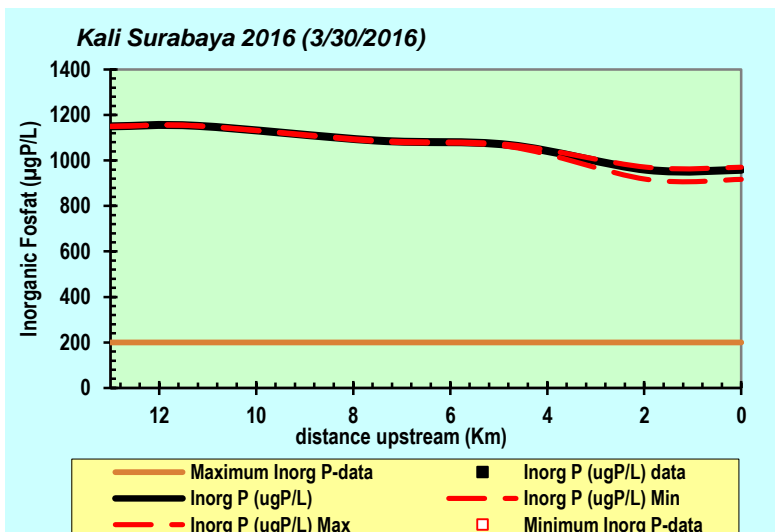
Gambar 4. 23 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



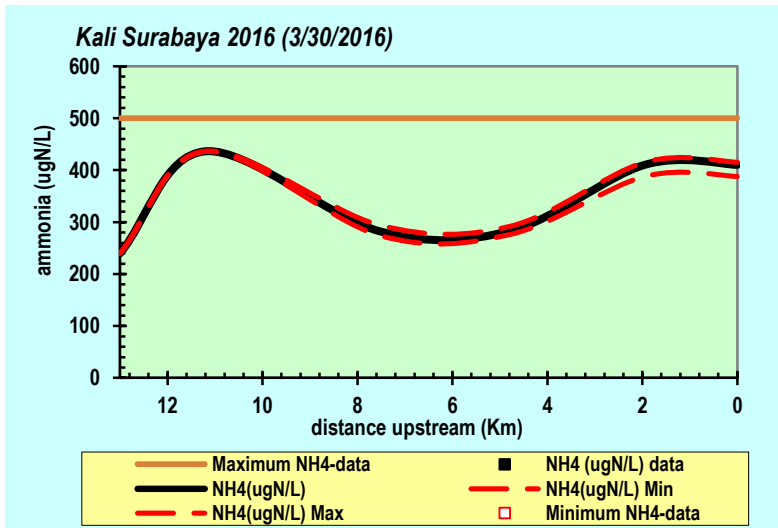
Gambar 4. 24 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



Gambar 4. 25 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



Gambar 4. 26 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1



Gambar 4. 27 Profil NH₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 1

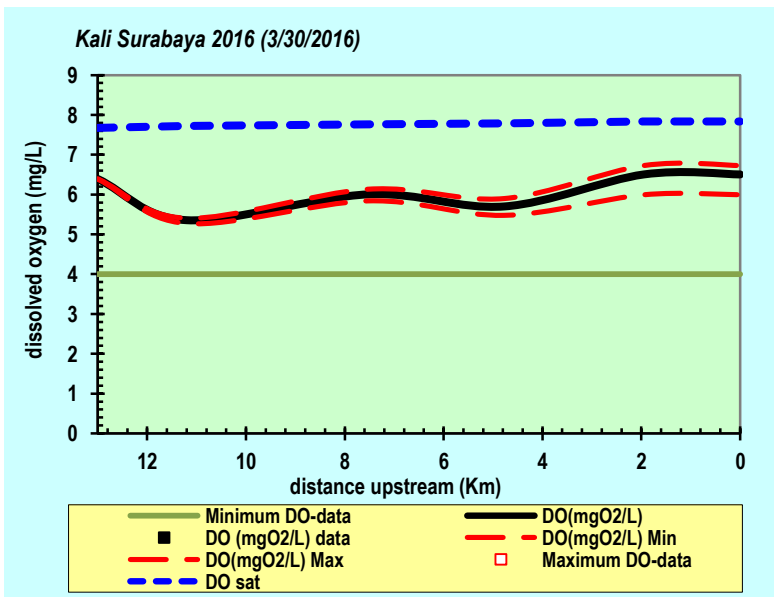
Hasil simulasi pada skenario 1 bervariasi. Data naik dan turun menunjukkan proses yang terjadi pada sungai. Adanya *inflow* dan *self purification* di dalam sungai sangat mempengaruhi kualitas air sungai. Data kualitas Kali Surabaya untuk parameter DO, Amonium dan Nitrat masih memenuhi baku mutu kelas II, sedangkan BOD, Fosfat, dan TSS tidak memenuhi baku mutu air kelas II. Data hasil simulasi skenario 1 disajikan pada *worksheet WQ out data* pada Tabel 4.9 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 9 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 1

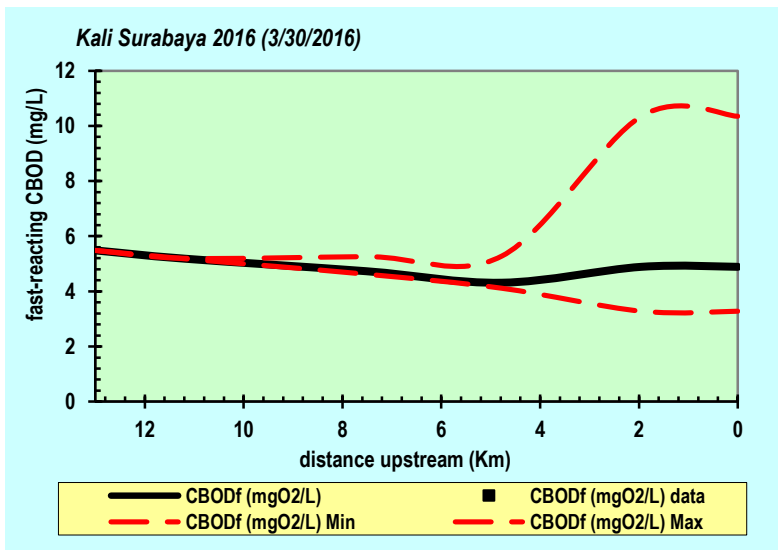
Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH4(μg/L)	NO3(μg/L)	Fosfat (μg/L)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13	139.720	6.390	5.485	240.000	1950.000	1150.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.2	124.443	5.350	5.197	436.365	1949.303	1153.809	12.399	6.893
Segmen 2	7.525	123.668	5.804	6.090	282.060	1997.936	1041.212	14.057	6.946
Segmen 3	4.775	154.077	5.301	5.576	283.496	2070.690	1004.844	12.870	6.820
Segmen 4	1.95	193.423	6.238	5.924	411.397	2139.631	805.676	10.688	6.881
Terminus	0	193.423	6.238	5.924	411.397	2139.631	805.676	10.688	6.881

4.5.2 Skenario 2

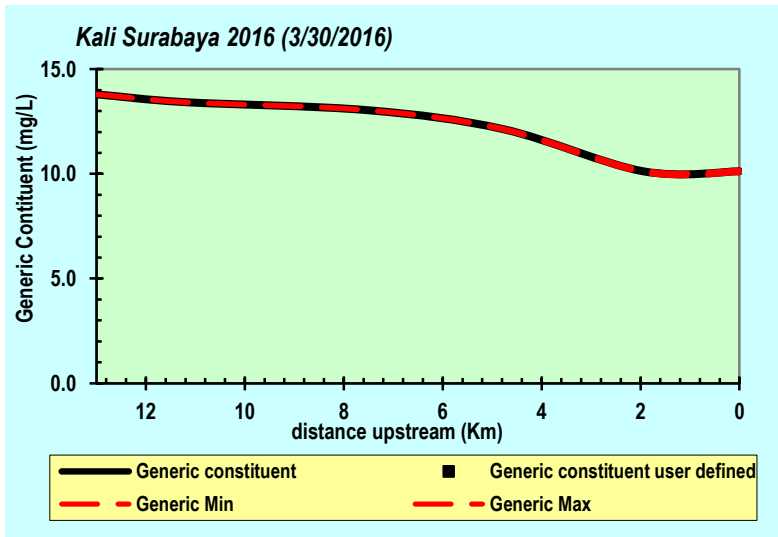
Simulasi pada skenario 4 ini kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan data existing. Sementara itu, diasumsikan tidak ada sumber pencemaran yang masuk pada Kali Surabaya. Baik limbah industri maupun limbah domestik. Pada skenario ini masih tetap ada pencemar alami dari saluran anak sungai, sistim drainase, air tanah maupun air hujan. Hasil simulasi bahwa air sungai eksisting tanpa beban pencemaran untuk mengetahui kemampuan sungai dalam mendegradasi limbahnya sendiri (*self purification*). Kemampuan ini akan berhubungan erat dengan penentuan daya tampung sungai terhadap beban pencemaran yang masuk ke perairan. Hasil Simulasi pada skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 4.28 hingga Gambar 4.34.



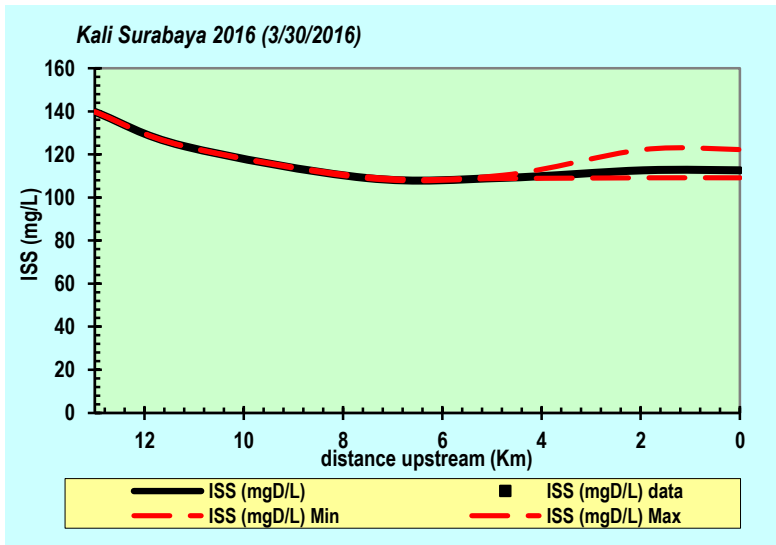
Gambar 4. 28 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



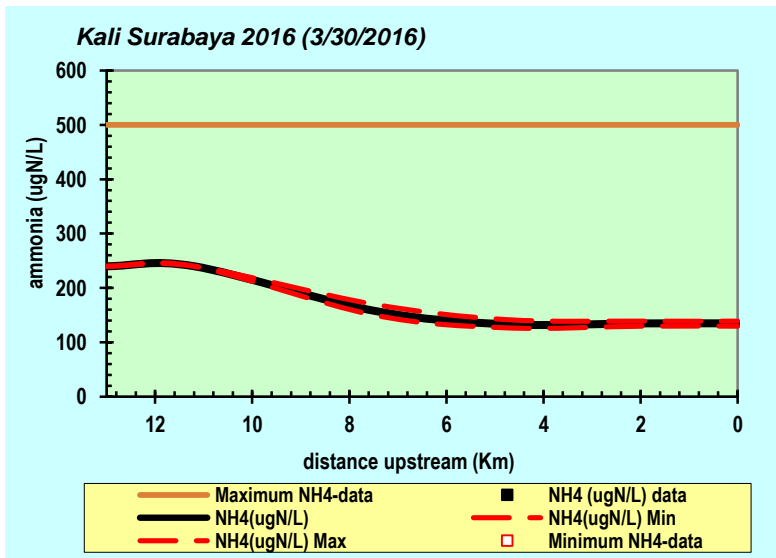
Gambar 4. 29 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



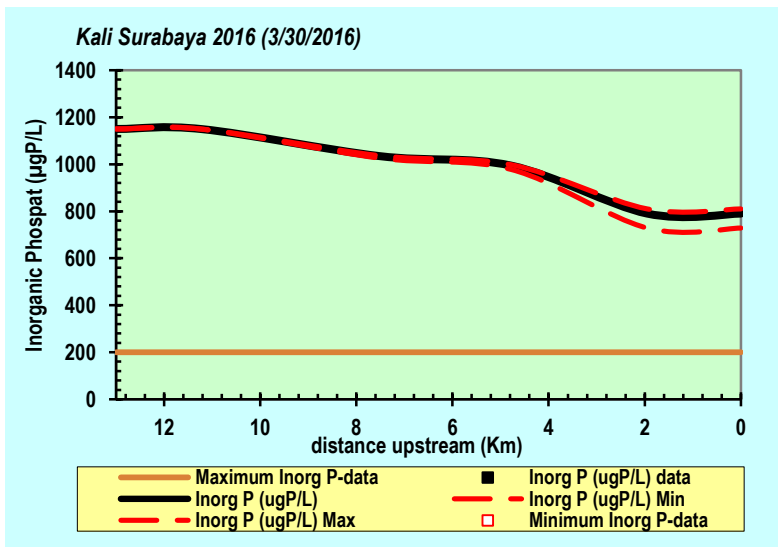
Gambar 4. 30 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



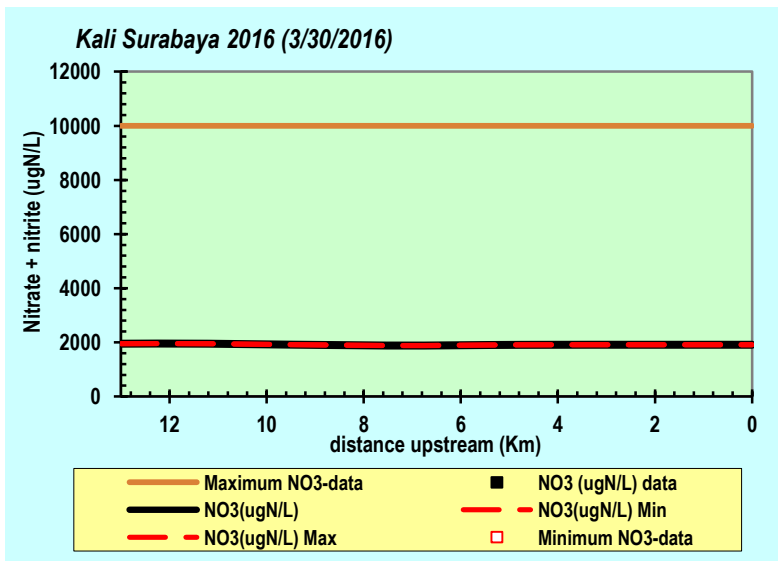
Gambar 4. 31 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



Gambar 4. 32 Profil NH₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



Gambar 4. 33 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2



Gambar 4. 34 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 2

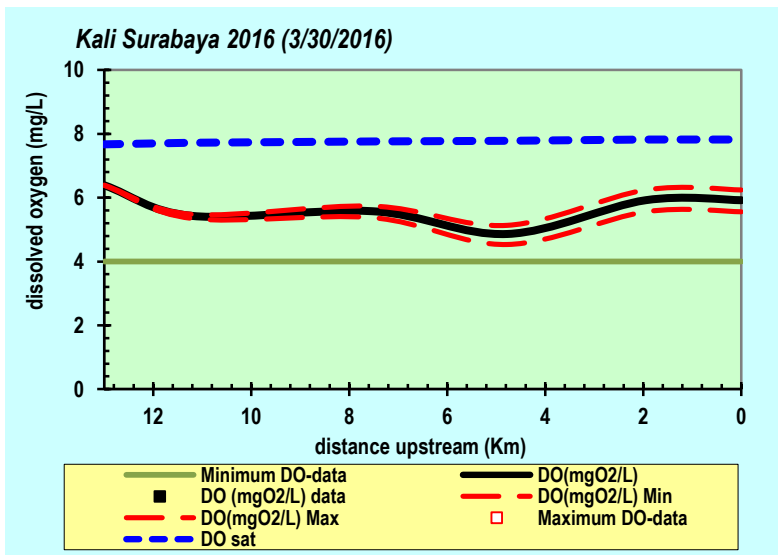
Hasil simulasi pada skenario 2 bervariasi. Data naik dan turun menunjukkan proses yang terjadi pada sungai. Proses *self purification* di dalam sungai sangat mempengaruhi kualitas air sungai. Skenario 2 disimulasikan dengan tanpa adanya pencemaran dari limbah industri maupun domestik, tetapi masih ada *inflow* dari aliran alami seperti saluran drainase, anak sungai dan air tanah. Skenario ini bertujuan untuk mengetahui *self purification* dari Kali Surabaya tanpa adanya sumber pencemaran. Namun, beberapa parameter seperti BOD, Fosfat, dan TSS tidak memenuhi baku mutu air kelas II, sehingga badan air Kali Surabaya secara keseluruhan belum memenuhi baku mutu air kelas II pada parameter tersebut. Data hasil simulasi pada skenario 2 disajikan pada *worksheet WQ Out data* pada Tabel 4.10 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 10 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 2

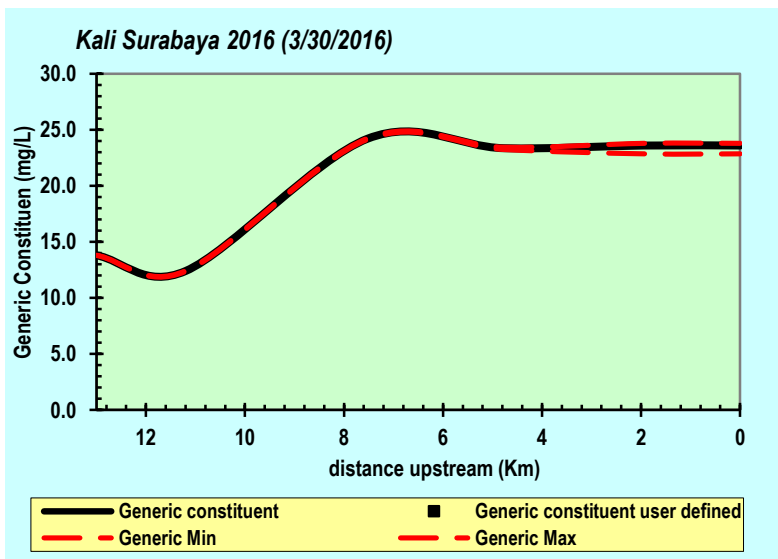
Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	NH4(µg/L)	NO3(µg/L)	Fosfat (µg/L)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13.000	139.720	6.390	5.485	240.000	1950.000	1150.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.200	123.810	5.355	5.185	239.820	1948.589	1149.150	12.377	6.893
Segmen 2	7.525	109.014	6.004	4.731	158.298	1878.277	1034.679	11.726	6.982
Segmen 3	4.775	109.096	5.700	4.313	132.679	1900.726	994.008	10.726	6.877
Segmen 4	1.950	112.591	6.504	4.889	130.316	1867.239	790.065	8.906	6.951
Terminus	0.000	112.591	6.504	4.889	130.316	1867.239	790.065	8.906	6.951

4.5.3 Skenario 3

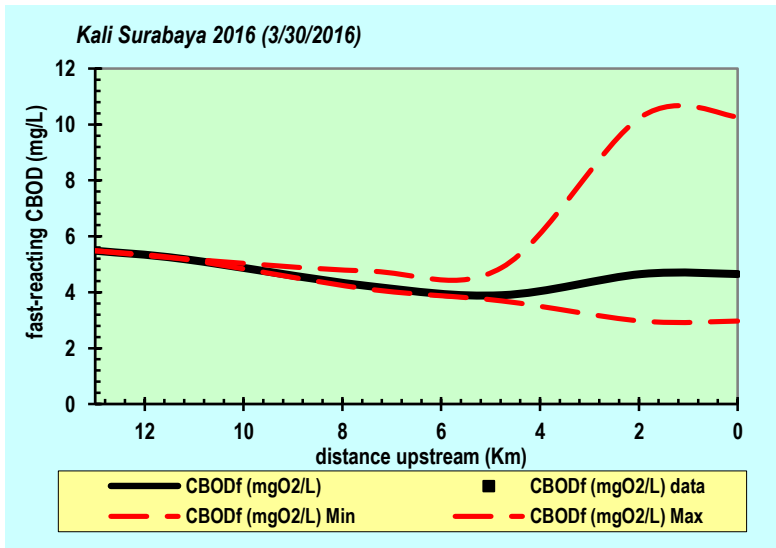
Simulasi ini kualitas air di hulu Kali Surabaya sesuai dengan data existing. Sementara itu, sumber pencemaran di Kali Surabaya “*trial and error*” sehingga didapatkan kualitas air yang memenuhi baku mutu kelas dua. Simulasi skenario 3 digunakan untuk mengetahui daya tampung beban pencemaran dari Kali Surabaya agar memenuhi baku mutu air kelas II. Hasil Simulasi pada skenario 3 dapat dilihat pada Gambar 4.35 hingga Gambar 4.41.



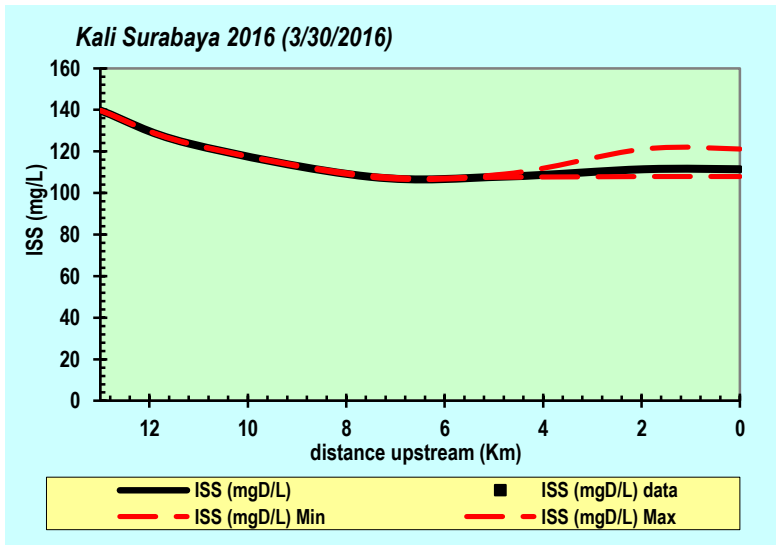
Gambar 4. 35 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



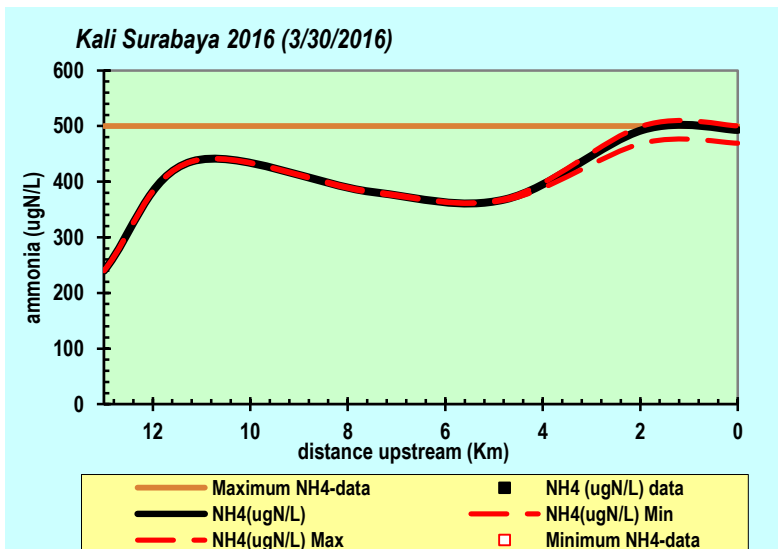
Gambar 4. 36 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



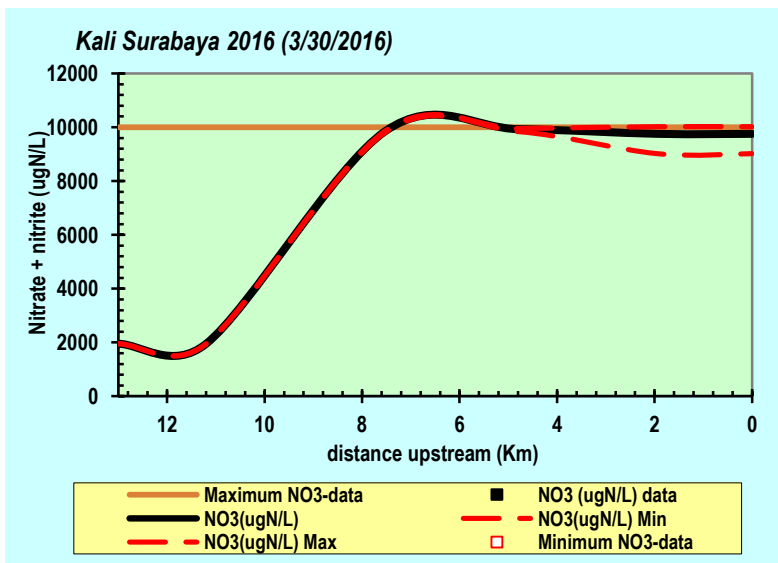
Gambar 4. 37 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



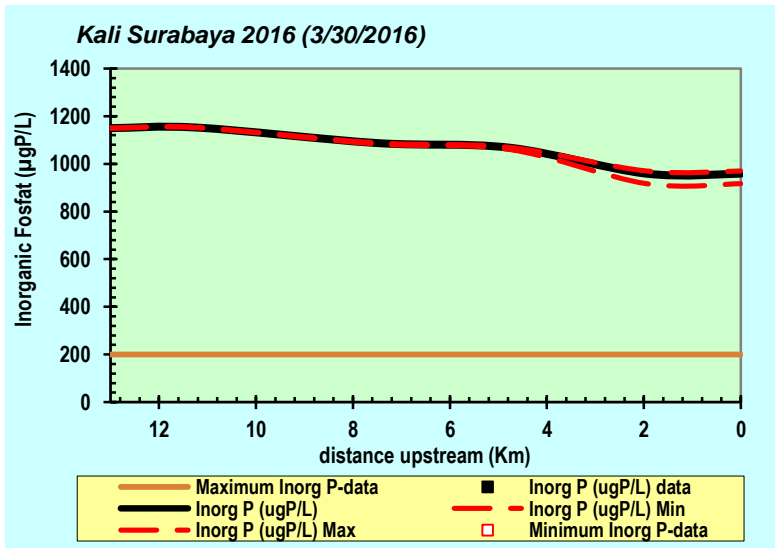
Gambar 4. 38 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



Gambar 4. 39 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



Gambar 4. 40 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3



Gambar 4. 41 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 3

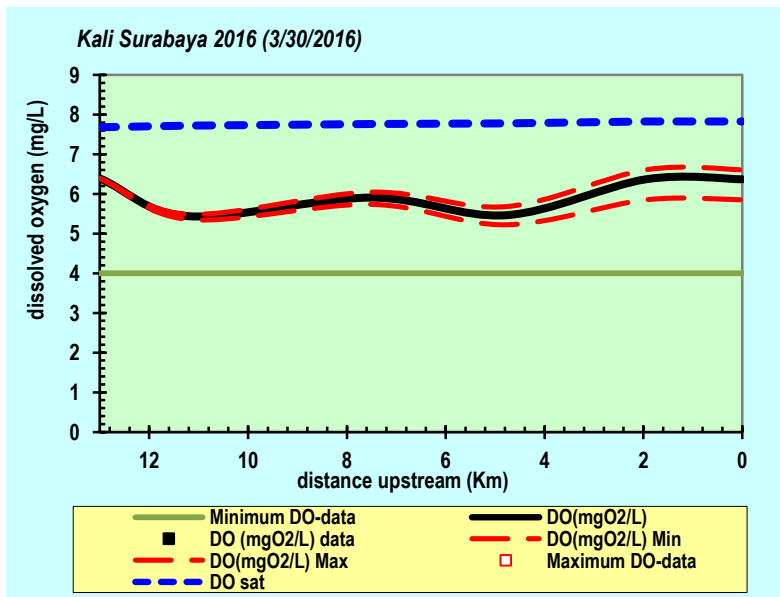
Hasil simulasi pada skenario 3 bervariasi. Skenario 3 disimulasikan dengan “*trial and error*” pada pencemaran dari limbah industri maupun domestik untuk mendapatkan air baku mutu kelas II. Data hasil simulasi skenario 3 disajikan pada *worksheet WQ uot data* pada Tabel 4.11 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 11 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 3

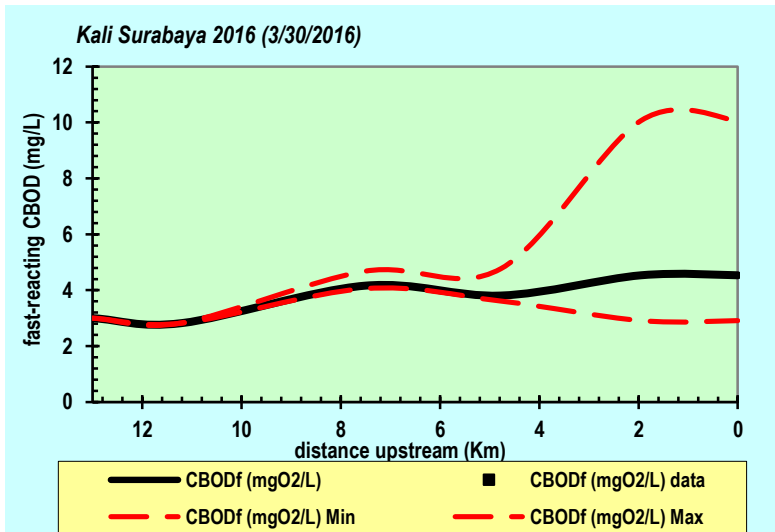
Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO(mg/L)	BOD (mg/L)	NH4(µg/L)	NO3(µg/L)	Fosfat (µg/L)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13.000	139.720	6.390	5.485	240.000	1950.000	1150.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.200	123.810	5.350	5.185	436.366	1949.317	1149.150	12.399	6.893
Segmen 2	7.525	107.805	5.621	4.233	381.693	9852.962	972.167	24.208	7.001
Segmen 3	4.775	107.889	4.684	3.895	368.389	9927.321	933.892	23.362	6.918
Segmen 4	1.950	111.422	5.568	4.651	494.704	9753.795	741.974	23.599	6.985
Terminus	0.000	111.422	5.568	4.651	494.704	9753.795	741.974	23.599	6.985

4.5.4 Skenario 4

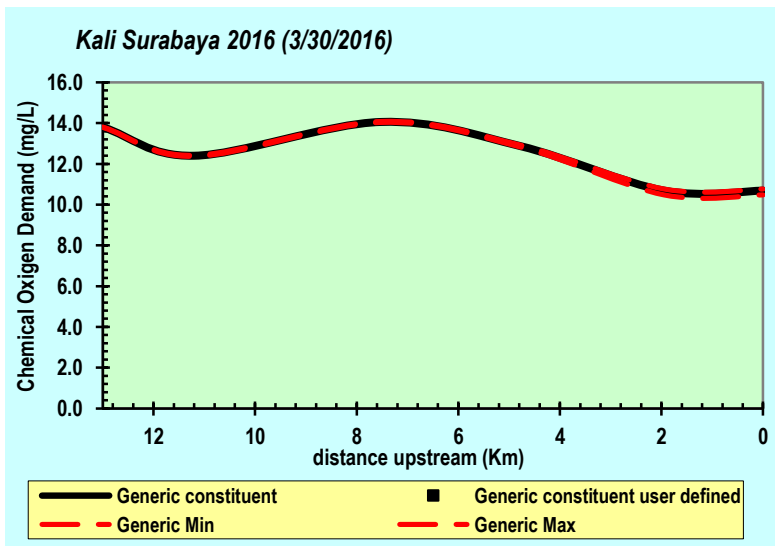
Skenario 4 ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur No 61 Tahun 2010 sesuai dengan baku mutu air kelas dua. Batas nilai baku mutu kelas II sesuai pada PP No. 82 Tahun 2001. Pada skenario ini dilakukan data sumber pencemaran berdasarkan data existing dari beban pencemaran yang ada dan kondisi sungai sesuai kondisi eksisting saat ini. Simulasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sumber pencemar eksisting terhadap kualitas air sungai di setiap segmen dari hulu hingga hilir tanpa memperhatikan pengaruh kualitas dari hulu segmen (Tambangan Cangkir) dimana bagian hulu ditetapkan sesuai baku mutu kelas II. Hasil Simulasi skenario 4 dapat dilihat pada Gambar 4.42 hingga Gambar 4.48.



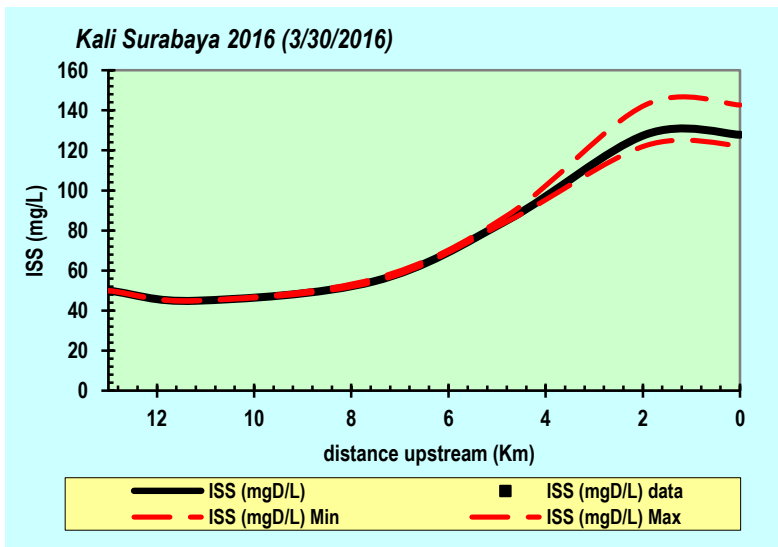
Gambar 4. 42 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



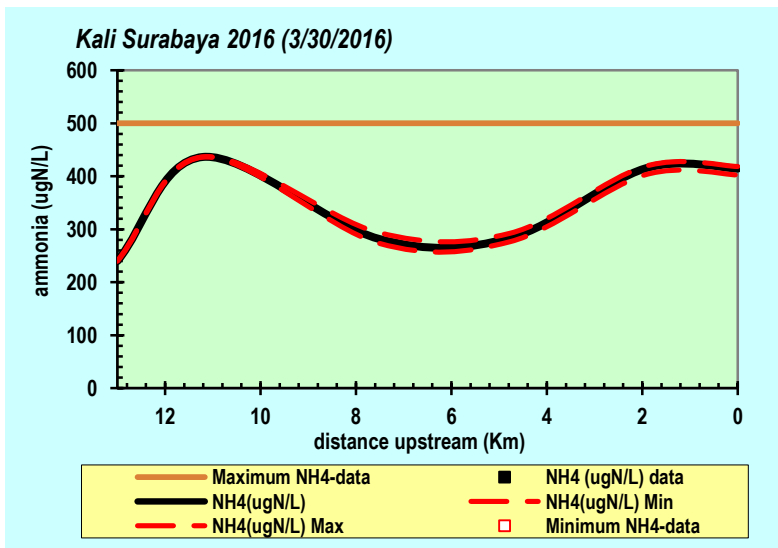
Gambar 4. 43 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



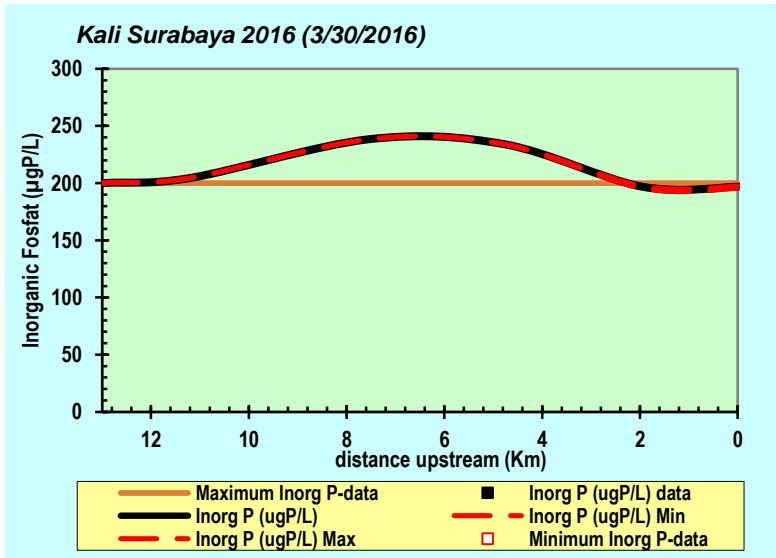
Gambar 4. 44 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



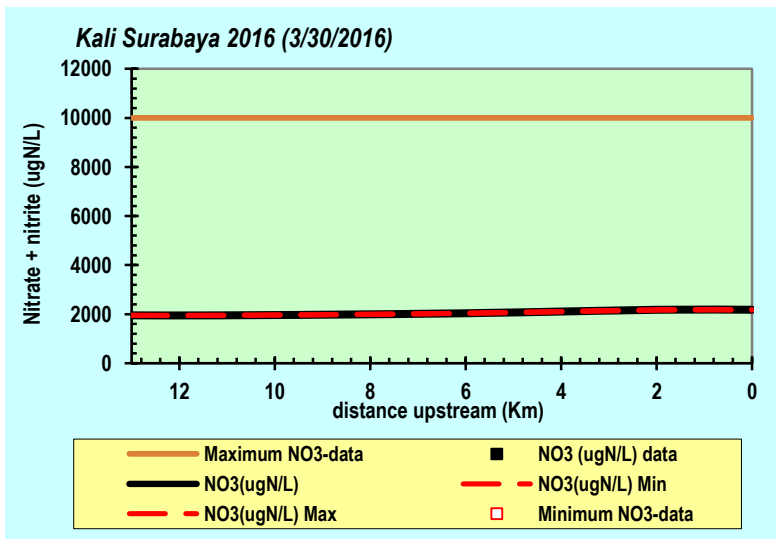
Gambar 4. 45 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



Gambar 4. 46 Profil NH₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



Gambar 4. 47 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4



Gambar 4. 48 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 4

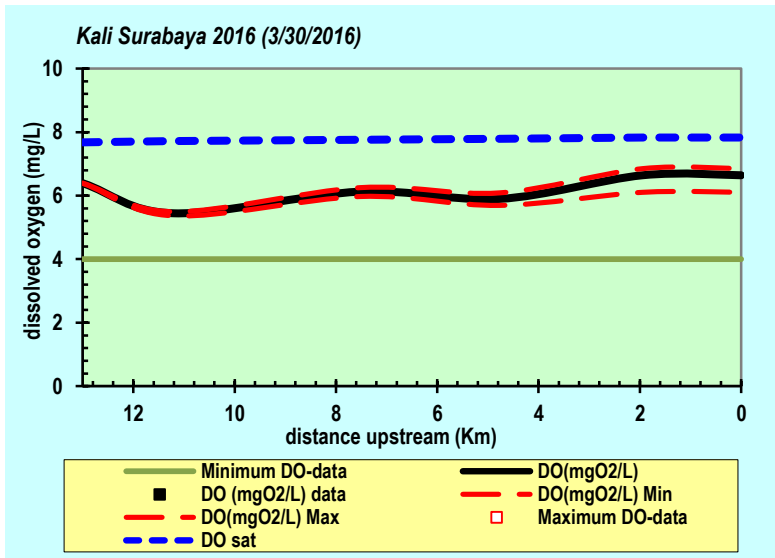
Hasil simulasi pada skenario 4 bervariasi. Data naik dan turun menunjukkan proses yang terjadi pada sungai. Adanya *inflow* dan *self purification* di dalam sungai sangat mempengaruhi kualitas air sungai. Data kualitas Kali Surabaya bagian hulu memenuhi baku mutu air kelas II, dan kondisi sungai eksisting (masih ada *inflow* dari limbah domestik dan limbah industri) menyebabkan beberapa kualitas melebihi baku mutu air kelas II pada parameter BOD dan Fosfat. Data hasil simulasi skenario 4 disajikan pada *worksheet WQ out data* pada Tabel 4.12 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 12 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 4

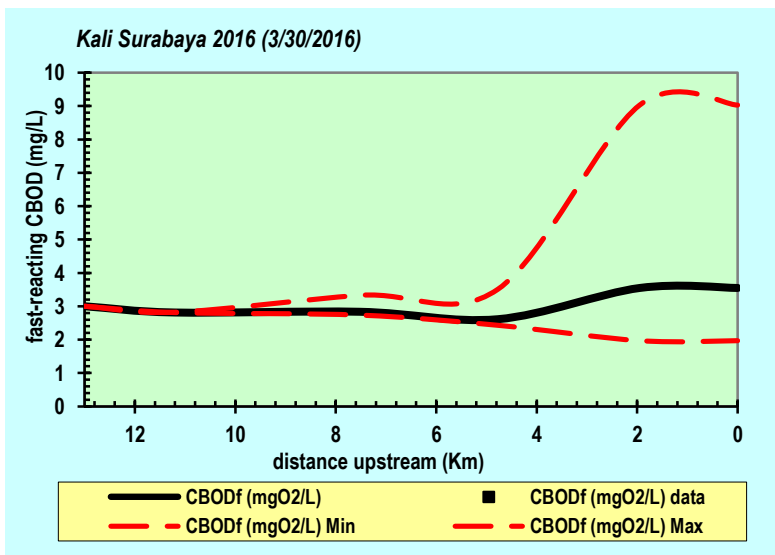
Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO(mg/L)	BOD (mg/L)	NH4(µg/L)	NO3(µg/L)	Fosfat (µg/L)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13.000	50.000	6.390	3.000	240.000	1950.000	200.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.200	44.941	5.438	2.824	436.334	1949.303	204.515	12.399	6.956
Segmen 2	7.525	54.691	5.908	4.160	281.791	1998.140	238.456	14.057	7.035
Segmen 3	4.775	85.315	5.464	3.809	283.083	2071.021	234.029	12.870	6.927
Segmen 4	1.950	127.803	6.368	4.534	410.973	2139.913	196.628	10.688	6.985
Terminus	0.000	127.803	6.368	4.534	410.973	2139.913	196.628	10.688	6.985

4.5.5 Skenario 5

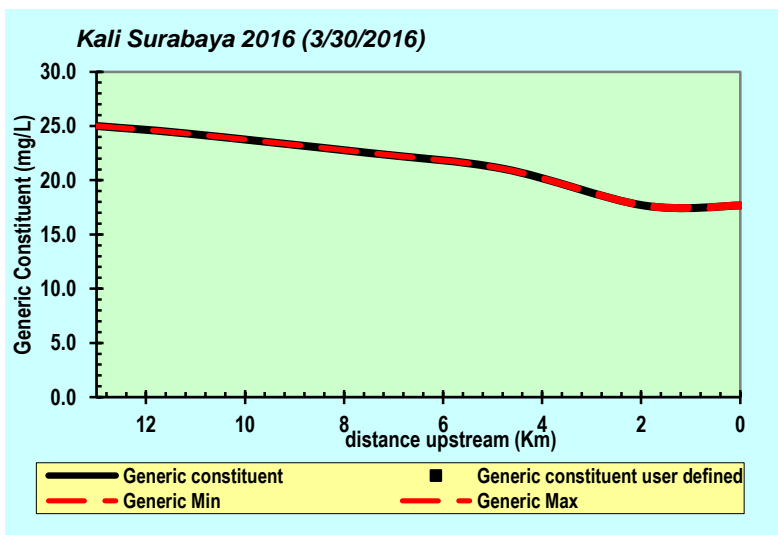
Skenario 5 ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur No 61 Tahun 2010 sesuai dengan baku mutu air kelas dua. Batas nilai baku mutu kelas II sesuai pada PP No. 82 Tahun 2001. Pada skenario ini dilakukan untuk mengetahui proses *self-purifikasi* sungai apabila tidak ada beban pencemaran yang masuk ke sungai. Sementara itu, diasumsikan tidak ada sumber pencemaran yang masuk pada Kali Surabaya, baik limbah industri maupun limbah domestik. Pada skenario ini masih tetap ada pencemar alami dari saluran anak sungai, sistim drainase, air tanah maupun air hujan. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui *self purification* Kali Surabaya tanpa adanya sumber pencemaran. Hasil Simulasi pada skenario 5 dapat dilihat pada Gambar 4.49 hingga Gambar 4.55



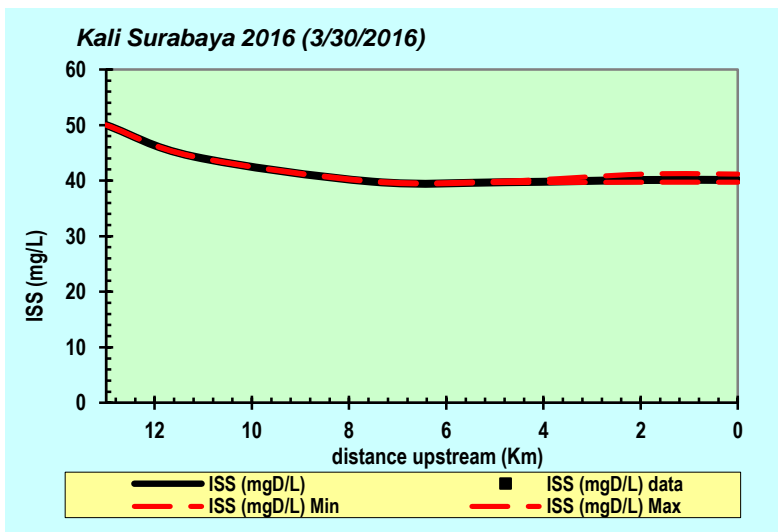
Gambar 4. 49 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



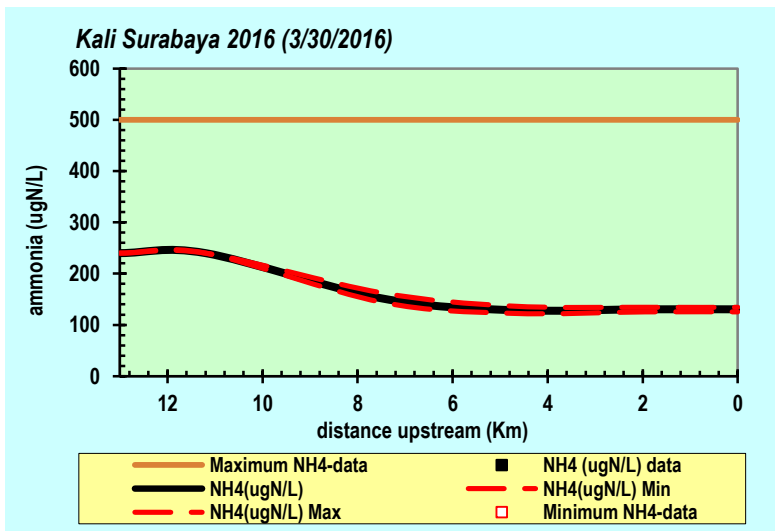
Gambar 4. 50 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



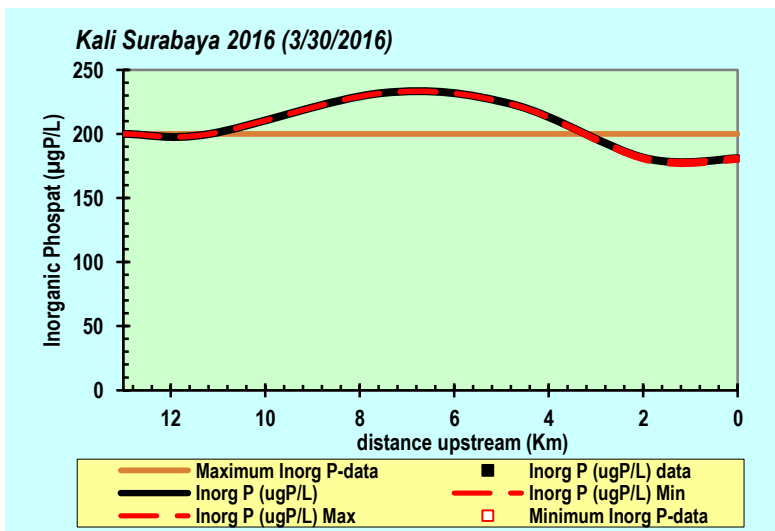
Gambar 4. 51 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



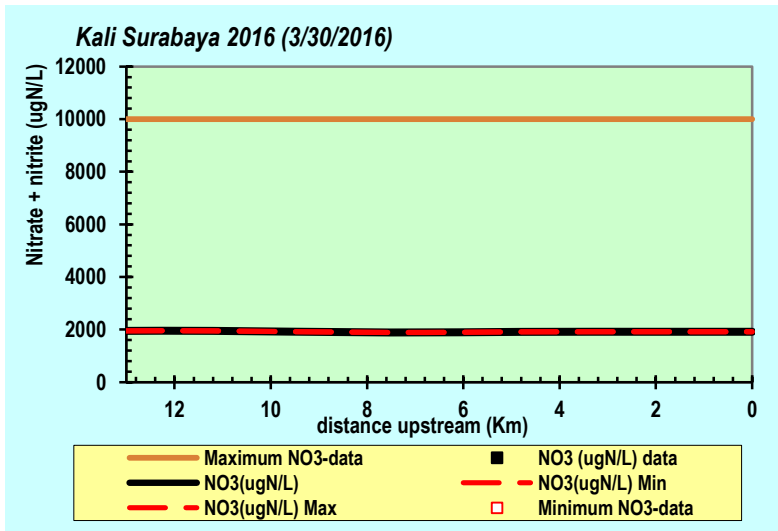
Gambar 4. 52 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



Gambar 4. 53 Profil NH_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



Gambar 4. 54 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5



Gambar 4. 55 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 5

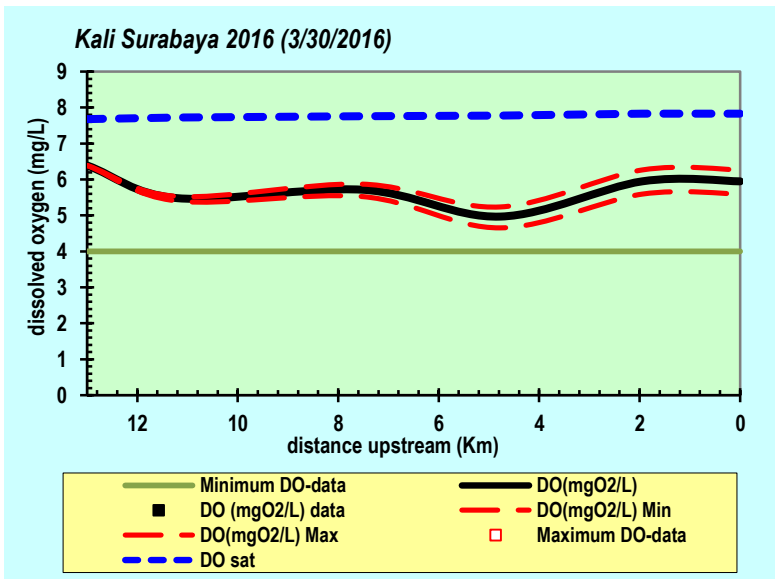
Hasil simulasi pada skenario 5 bervariasi. Data naik dan turun menunjukkan proses yang terjadi pada sungai. Skenario ini untuk mengetahui *self purification* di dalam sungai. Skenario 5 disimulasikan dengan tanpa adanya pencemaran dari limbah industri maupun domestik, tetapi masih ada *inflow* dari aliran alami seperti saluran drainase, anak sungai dan air tanah. Data hasil simulasi skenario 5 disajikan pada *worksheet WQ Out data* pada Tabel 4.13 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 13 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 5

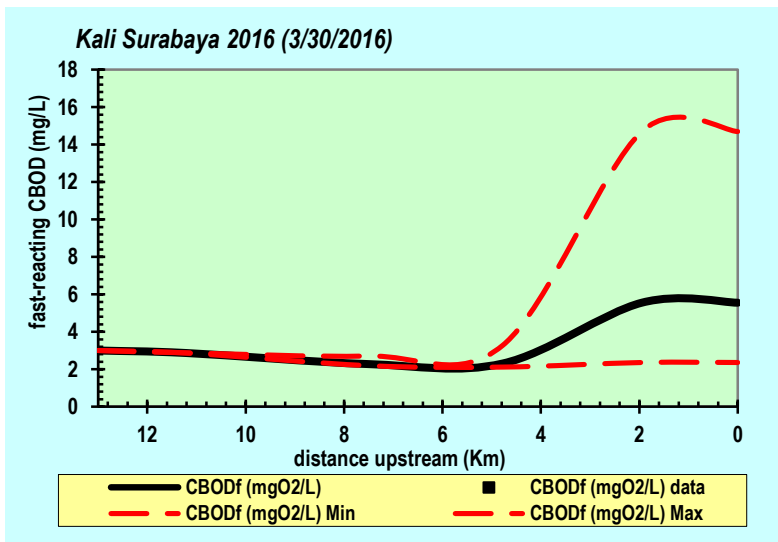
Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO(mg/L)	BOD (mg/L)	NH4($\mu\text{g/L}$)	NO3($\mu\text{g/L}$)	Fosfat ($\mu\text{g/L}$)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13.000	50.000	6.390	3.000	240.000	1950.000	200.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.200	44.308	5.443	2.813	239.802	1948.589	199.857	12.377	6.957
Segmen 2	7.525	40.038	6.125	2.836	158.139	1878.400	231.923	11.726	7.098
Segmen 3	4.775	40.334	5.895	2.613	132.462	1900.898	223.193	10.726	7.030
Segmen 4	1.950	46.971	6.640	3.549	130.116	1867.379	181.017	8.906	7.086
Terminus	0.000	46.971	6.640	3.549	130.116	1867.379	181.017	8.906	7.086

4.5.6 Skenario 6

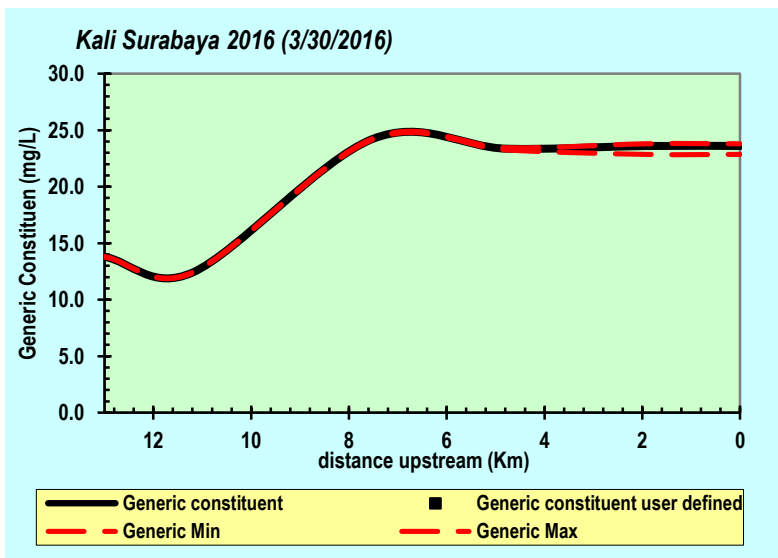
Skenario 5 ini mensimulasikan dari kualitas air di hulu Kali Surabaya yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur No 61 Tahun 2010 sesuai dengan baku mutu air kelas dua. Batas nilai baku mutu kelas II sesuai pada PP No. 82 Tahun 2001. Simulasi pada skenario ini dikondisikan kualitas air di bagian hilir sungai diusahakan sudah memenuhi baku mutu air kelas II (disepanjang sungai memenuhi baku mutu kelas II) karena hasil simulasi ini akan digunakan untuk menghitung daya tampung sungai dan besaran sumber pencemar. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan “*trial and error*” data sumber pencemar yang masuk agar tetap memenuhi baku mutu kelas II. Hasil Simulasi pada skenario 6 dapat dilihat pada Gambar 4.56 hingga Gambar 4.62.



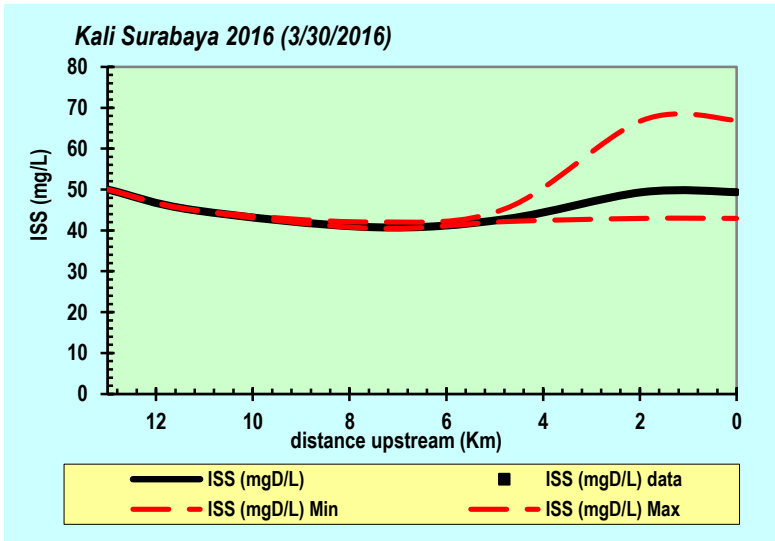
Gambar 4. 56 Profil DO Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



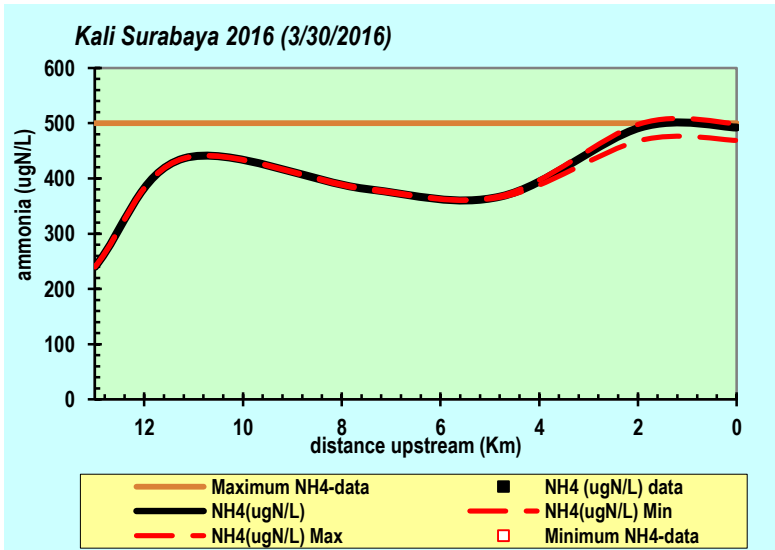
Gambar 4. 57 Profil BOD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



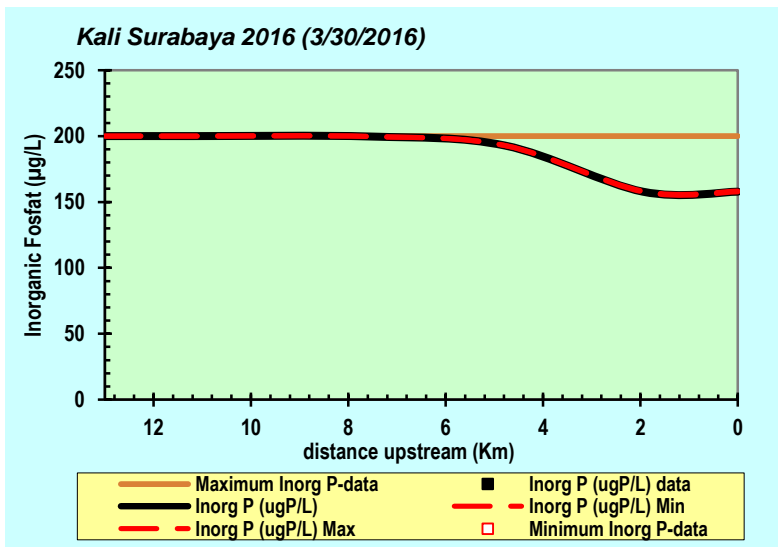
Gambar 4. 58 Profil COD Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



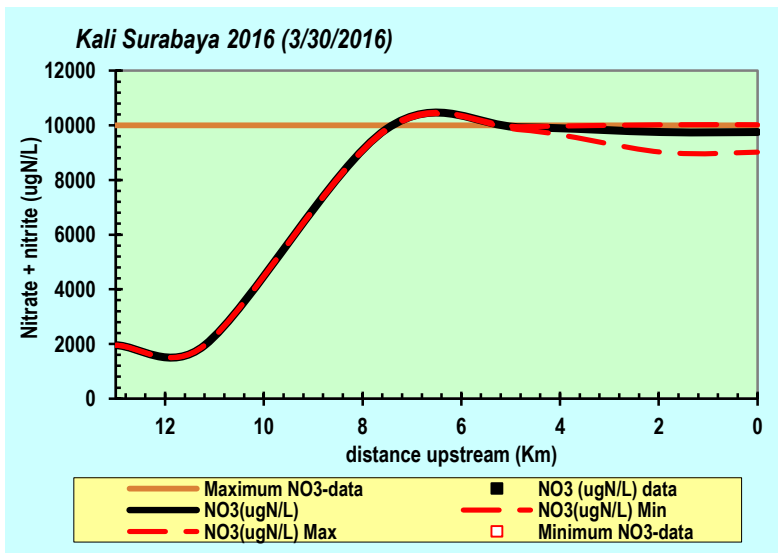
Gambar 4. 59 Profil TSS Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



Gambar 4. 60 Profil NH₄ Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



Gambar 4. 61 Profil PO_4 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6



Gambar 4. 62 Profil NO_3 Kali Surabaya Berdasarkan Simulasi 6

Hasil simulasi pada skenario 6 bervariasi. Skenario 6 disimulasikan dengan “*trial and error*” pada sumber pencemaran dari limbah industri maupun domestik untuk mendapatkan kualitas air baku mutu kelas II di sepanjang sungai. Hasil simulasi ini akan digunakan untuk perhitungan daya tampung sungai apabila hulu sungai memenuhi baku mutu kelas II. Data hasil simulasi skenario 6 disajikan pada *worksheet WQ uot data* pada Tabel 4.14 untuk kualitas air Kali Surabaya.

Tabel 4. 14 *Worksheet WQ Out Data* Simulasi Skenario 6

Reach Label	x(km)	TSS (mg/L)	DO(mg/L)	BOD (mg/L)	NH4(µg/L)	NO3(µg/L)	Fosfat (µg/L)	COD (mg/L)	pH
Hulu (A)	13.000	50.000	6.390	3.000	240.000	1950.000	200.000	13.800	7.000
Segmen 1	11.200	44.941	5.438	2.813	436.334	1949.317	199.928	12.399	6.956
Segmen 2	7.525	40.788	5.742	2.337	381.208	9853.337	197.082	24.208	7.124
Segmen 3	4.775	42.759	4.867	2.176	367.516	9928.038	194.268	23.362	7.079
Segmen 4	1.950	49.354	5.700	3.285	493.808	9754.403	164.922	23.599	7.130
Terminus	0.000	49.354	5.700	3.285	493.808	9754.403	164.922	23.599	7.130

4.6 Daya Tampung Beban Pencemaran

Perhitungan daya tampung beban pencemaran Kali Surabaya memanfaatkan hasil simulasi skenario kualitas air yaitu *sources summary*. *Sources Summary* menampilkan debit dan kualitas sumber pencemar tiap segmen (*reach*) yang akan digunakan dalam perhitungan daya tampung beban pencemaran. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 110 Tahun 2003 pasal 2 ayat (2) daya tampung beban pencemaran dilakukan perhitungan daya tampung pada debit minimum.

Perhitungan daya tampung beban pencemaran air Kali Surabaya menggunakan hasil simulasi 2 dan 3 untuk mengetahui adanya pengaruh dari hulu(eksisting) dan hasil simulasi 5 dan 6 untuk mengetahui pengaruh hanya dari kondisi sungai jika hulu memenuhi baku air kelas II. Hasil skenario 2 dan 5 menyatakan tanpa adanya pencemaran namun masih terdapat debit masuk dari anak sungai, saluran drainase, dan air tanah. Hasil skenario 3 dan 6 menyatakan untuk beban pencemaran penuh yang memenuhi baku mutu air kelas II. Skenario 6 adanya pengaruh

dari hulu segmen memenuhi baku mutu, sedangkan skenario 3 adanya pengaruh dari sungai sebelumnya (sesuai kondisi eksisting). Debit *inflow* dan konsentrasi sumber pencemar pada aliran sungai diperoleh dari data *sources summary* pada skenario 1 hingga skenario 6.

Beban pencemaran dihitung dengan mengalikan debit dengan konsentrasi pencemar yang terdapat di dalam *worksheet sources summary* untuk setiap skenario. Hasil perhitungan beban pencemaran untuk skenario 1 hingga skenario 6 ditampilkan pada Tabel 4.15 hingga Tabel 4.20. Untuk parameter Suhu, pH dan DO tidak dilakukan perhitungan daya tampung, karena ketiganya bukan pencemar.

Tabel 4. 15 *Sources Summary* Skenario 1

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m ³ /s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	999.695	16.062	275335.4	999.695	6523.175	35.989
2	9,40-5,65	3.916	123.682	15.972	272.525	1469.194	539.388	30.297
3	5,65-3,90	0.016	47470.310	10.412	87403.16	34792	7402.791	27.717
4	3,90-0,00	0.024	31098.930	21.228	113953.8	93184.62	7185.323	32.778

Tabel 4. 16 *Sources Summary* Skenario 2

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m ³ /s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
2	9,40-5,65	3.916	9.766	4.413	269.678	899.693	517.904	10.991
3	5,65-3,90	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000
4	3,90-0,00	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000 0

*Catatan : nilai nol pada kolom konsentrasi menyatakan jika tidak ada sumber pencemar yang masuk karena telah melebihi baku mutu kelas II.

Tabel 4. 17 Sources Summary Skenario 3

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m3/s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	0.000	0.000	275335.800	1019.516	0.000	36.044
2	9,40-5,65	3.916	0.000	0.000	1197.860	64196.286	0.000	115.050
3	5,65-3,90	0.016	0.000	0.000	87427.724	36768.309	0.000	2103.529
4	3,90-0,00	0.024	0.000	0.000	114035.631	97348.196	0.000	4405.983

Tabel 4. 18 Sources Summary Skenario 4

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m3/s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	999.695	16.062	275335.434	999.695	6523.175	35.989
2	9,40-5,65	3.916	123.682	15.972	272.525	1469.194	539.388	30.297
3	5,65-3,90	0.016	47470.308	10.412	87403.163	34791.998	7402.791	27.717
4	3,90-0,00	0.024	31098.932	21.229	113953.846	93184.615	7185.323	32.778

Tabel 4. 19 Sources Summary Skenario 5

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m3/s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	9,40-5,65	3.916	9.766	4.413	269.678	899.693	517.904	10.991
3	5,65-3,90	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	3,90-0,00	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 4. 20 Sources Summary Skenario 6

Reach	Kilometer	Debit	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		m3/s	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L
1	13,00-9,40	0.020	999.695	0.000	275335.800	1019.516	0.000	36.044
2	9,40-5,65	3.916	11.390	0.000	1197.860	64196.286	0.000	115.050
3	5,65-3,90	0.016	2621.739	0.000	87427.724	36768.309	0.000	2103.529
4	3,90-0,00	0.024	9.318	0.000	114035.631	97348.196	0.000	4405.983

Perhitungan Beban Pencemaran sebagai berikut.

Beban Pencemaran(kg/hari)= Debit (m^3/detik)xKonsentrasi (mg/L)

Maka, didapatkan beban pencemaran untuk beberapa skenario tersebut ditampilkan pada Tabel 4.21 hingga tabel 4.26.

Tabel 4. 211 Beban Pencemaran Skenario 1

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	1699.488	27.306	468.072	1.699	11.089	61.182
2	9,40-5,65	41844.544	5403.767	92.202	497.063	182.488	10250.274
3	5,65-3,90	65518.647	14.371	120.634	48.020	10.217	38.255
4	3,90-0,00	64685.778	44.156	237.024	193.824	14.945	68.179

Tabel 4. 222 Beban Pencemaran Skenario 2

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	0	0	0	0	0	0
2	9,40-5,65	3303.936	1492.992	91.2384	304.3872	175.2192	3718.656
3	5,65-3,90	0	0	0	0	0	0
4	3,90-0,00	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 23 Beban Pencemaran Skenario 3

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	0	0	468.0726	1.733184	0	61.27488
2	9,40-5,65	0	0	405.2642	21719.1172	0	38924.1333
3	5,65-3,90	0	0	120.668	50.74771823	0	2903.29654
4	3,90-0,00	0	0	237.1941	202.4842473	0	9164.44545

*Catatan : nilai nol pada kolom konsentrasi menyatakan jika tidak ada sumber pencemar yang masuk karena telah melebihi baku mutu kelas II.

Tabel 4. 24 Beban Pencemaran Skenario 4

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	1699.488	27.306	468.072	1.699	11.089	61.182
2	9,40-5,65	41844.544	5403.767	92.202	497.063	182.488	10250.274
3	5,65-3,90	65518.647	14.371	120.634	48.020	10.217	38.255
4	3,90-0,00	64685.778	44.156	237.024	193.824	14.945	68.179

Tabel 4. 25 Beban Pencemaran Skenario 5

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	0	0	0	0	0	0
2	9,40-5,65	3303.936	1492.992	91.2384	304.3872	175.2192	3718.656
3	5,65-3,90	0	0	0	0	0	0
4	3,90-0,00	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 26 Beban Pencemaran Skenario 6

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9,40	1699.488	0.000	468.073	1.733	0.170	61.275
2	9,40-5,65	3853.514	0.000	405.264	21719.117	77.394	38924.133
3	5,65-3,90	3618.531	0.000	120.668	50.748	10.262	2903.297
4	3,90-0,00	19.382	0.000	237.194	202.484	15.087	9164.445

*Catatan : nilai nol pada kolom konsentrasi menyatakan jika tidak ada sumber pencemar yang masuk karena telah melebihi baku mutu kelas II.

Setelah dihitung beban pencemarannya, maka dapat dihitung pula daya tampung beban pencemarannya sebagai berikut .

Daya Tampung Beban Pencemaran = Beban Pencemar Penuh
(sesuai baku mutu) – Tanpa pencemaran (eksisting)

Maka, didapatkan daya tampung beban pencemaran untuk beberapa skenario tersebut ditampilkan pada Tabel 4.27 sesuai

kondisi ekisting, sedangkan Tabel 4.28 menunjukkan kondisi di hulu telah memenuhi baku mutu kelas II.

Tabel 4. 27 Daya Tampung Kali Surabaya (Eksisting)

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1.000	13,00-9.40	0.000	0.000	468.073	1.733	0.000	61.275
2.000	9,40-5,65	-3303.936	-1492.992	314.026	21414.730	-175.219	35205.477
3.000	5,65-3,90	0.000	0.000	120.668	50.748	0.000	2903.297
4.000	3,90-0,00	0.000	0.000	237.194	202.484	0.000	9164.445

Tabel 4. 28 Daya Tampung Kali Surabaya (Jika Hulu Memenuhi Baku Mutu Kelas II)

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat	COD
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9.40	1699.488	0.000	468.073	1.733	0.000	61.275
2	9,40-5,65	549.578	-1492.992	314.026	21414.730	-175.219	35205.477
3	5,65-3,90	3618.531	0.000	120.668	50.748	0.000	2903.297
4	3,90-0,00	19.382	0.000	237.194	202.484	0.000	9164.445

Perhitungan daya tampung segmen sungai pada kondisi eksisting untuk parameter TSS, BOD dan Fosfat bernilai negatif menunjukkan parameter tersebut tidak memiliki daya tampung beban pencemaran, dikarenakan kondisi kualitas air Kali Surabaya telah tercemar di bagian hulu. Kali Surabaya masih memiliki daya tampung beban pencemaran untuk parameter Nitrat dan Amonium. Sedangkan untuk parameter COD bergantung pada parameter BOD. Daya tampung beban pencemaran maksimum pada parameter Nitrat sebesar 21414,730 kg/hari pada segmen 2 dan parameter Amonium sebesar 468,073 kg/hari pada segmen 1. Sedangkan daya tampung minimum parameter Nitrat sebesar 1,733 kg/hari pada segmen 1, dan parameter Amonium sebesar 120,666 kg/hari pada segmen 3.

Daya tampung beban pencemaran pada segmen sungai di hulu yang telah memenuhi baku mutu kelas II didapatkan hasil

lebih baik. Parameter TSS pada semua segmen masih dapat menampung beban pencemaran sedangkan BOD dan Fosfat bernilai negatif menunjukkan jika Kali Surabaya tidak dapat menerima beban pencemar lain walaupun beban pencemaran alami seperti anak sungai dan saluran drainase sehingga harus dilakukan penurunan beban pencemaran air pada Kali Surabaya.

4.7 Penurunan Beban Pencemaran

Penurunan beban pencemaran merupakan jumlah beban pencemar yang harus diturunkan sehingga kualitas air Kali Surabaya dapat tetap memenuhi baku mutu badan air kelas II. Penurunan beban pencemaran didapatkan dengan menghitung selisih antara beban pencemaran eksisting pada skenario 1 (Tabel 4.21) dengan daya tampung dari Kali Surabaya yang telah dihitung (Tabel 4.27). Sehingga didapatkan penurunan beban pencemaran Kali Surabaya berdasarkan perhitungan pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 Penurunan Beban Pencemaran

Reach	Kilometer	TSS	BOD	Amonium	Nitrat	Fosfat
		kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari	kg/hari
1	13,00-9.40	1699.488	27.306	0.000	0.000	11.089
2	9,40-5,65	45148.480	6896.759	0.000	0.000	357.707
3	5,65-3,90	65518.647	14.371	0.000	0.000	10.217
4	3,90-0,00	64685.778	44.156	0.000	0.000	14.945

Parameter beban pencemaran yang harus dihitung meliputi TSS, BOD, Nitrat, Fosfat, COD, dan Amonium, sedangkan untuk DO, pH dan suhu bukan merupakan pencemaran dan masih memenuhi baku mutu. Untuk nilai negatif pada nilai parameter menunjukkan beban pencemaran yang harus diturunkan. Hasil perhitungan menunjukkan kualitas air Kali Surabaya tercemar pada parameter BOD, TSS dan Fosfat. Beban pencemaran maksimum tiap segmen yang harus diturunkan pada Kali Surabaya mencapai 65518,647 kg/hari untuk parameter TSS, BOD sebesar 6896,759 kg/hari, dan Fosfat sebesar 357,707 kg/hari.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan metode QUAL2Kw sebagai berikut.

1. Aplikasi metode QUAL2Kw dalam mengevaluasi Kali Surabaya dengan simulasi 6 skenario menghasilkan air kualitas Kali Surabaya tercemar dan tidak memenuhi baku mutu air kelas II sehingga harus dilakukan upaya penurunan beban pencemaran pada parameter BOD, TSS dan Fosfat.
2. Parameter yang memiliki daya tampung hanya meliputi Nitrat, dan Amonium. Perhitungan daya tampung beban pencemaran maksimum untuk parameter Nitrat sebesar 21414,730 kg/hari dan parameter Amonium sebesar 468,073. Sedangkan daya tampung minimum parameter Nitrat sebesar 1,733 kg/hari dan parameter Amonium sebesar 120,666 kg/hari.
3. Beban pencemaran air Kali Surabaya yang harus diturunkan sebesar 65518,647 kg/hari untuk parameter TSS, BOD sebesar 6896,759 kg/hari, dan Fosfat sebesar 357,707 kg/hari.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari tugas akhir untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan metode QUAL2Kw ini

1. Adanya kajian lebih lanjut dengan skenario yang lain, seperti variasi pada kondisi kualitas air dan debit sungai.
2. Sebaiknya dilakukan kajian pendahuluan yang cukup mendalam untuk memprediksi data *non-point source*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A DOKUMENTASI KEGIATAN



Tambangan



Bendungan dan Jembatan



Anak Sungai (Kali Tengah)



Sampling di Tambangan



Peralatan Sampling



Uji Laboratorium

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B ANALISIS DATA

1. Data Debit Kali Surabaya
 - a. Rekap Debit Mlirip-Mojokerto

Tahun	2012			2013			2014			2015		
BULAN	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)
Januari	12.87	110.9	38.78	12.87	113.6	38.25	25.37	98	44.89	12.87	179.8	35.5
Februari	29.87	120.3	40.9	17.24	120.5	41.29	28.2	110.94	46.22	16.24	116.5	49.22
Maret	30.34	129.7	58.02	28.56	127.4	52.3	42.16	123.88	55.94	27.16	213	55.94
April	21.64	139.1	45.14	25.65	110.5	34.83	31.6	97.89	44.84	26.65	134.4	38.87
Mei	20.99	96.2	37.03	20.99	86.2	31.97	40.2	78.54	37.96	20.99	56.6	39.96
Juni	19.49	41	27.37	20.56	41.38	33.31	30.86	46.19	35.86	19.23	51.67	14.67
Juli	19.17	20.81	19.94	22.02	41.28	40.42	31.27	45.79	25.32	18.68	29.19	22.99
Agustus	17.69	21.18	19.58	20.01	110.66	48.05	22.57	32.39	27.09	19.44	29.62	21.06
September	8.44	10.67	9.79	19.64	31.66	26.53	21.72	24.71	22.56	18.15	28.6	19.91
Oktober	18.98	21.38	20.31	17.71	27.12	21.82	19.37	24.72	21.05	18.27	20.33	19.2
Nopember	17.79	30.55	21.04	26.43	35.77	30.71	19.65	31.47	23.22	12.67	21.16	18.65
Desember	10.83	98	32.66	30.4	88.3	31.50	20.51	97.6	35.84	20.71	88	35.67

b. Rekap Debit Bendungan Gunungsari-Mojokerto

Tahun	2012			2013			2014			2015		
BULAN	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)	min (m ³ /detik)	max (m ³ /detik)	rata-rata (m ³ /detik)
Januari	22.5	192	60.25	20.5	162	70.51	20	189.8	40.5	32.7	187.5	53.72
Februari	20.2	84.2	41.29	29.6	164	54.36	18.9	136.5	46.22	72	179	103.68
Maret	21.1	89	40.45	35.6	160	61.37	20.3	213	60.94	49.11	167	69.68
April	18.1	106.5	34.83	31.4	148	53.77	20.3	134.4	54.84	52.91	160.5	52.61
Mei	17.8	86.2	31.97	22.7	89.2	48.52	30.2	56.6	37.96	37.01	186	48.65
Juni	9.3	55.1	16.7	15.4	194	49.62	13	71.2	21.4	17.13	39.2	19.89
Juli	7.3	12.3	9.95	23.6	78.1	38.53	15	32.3	19.22	9.84	16.2	10.81
Agustus	7.3	10.5	8.25	13	33.8	27.39	7	20.2	12.54	7.42	12.3	8.38
September	7.5	8.5	8.02	10.3	19.5	13.18	5.6	9.1	7.5	6.68	11.1	6.92
Oktober	7.3	10.5	8.18	8.8	13.2	10.7	2.5	9	5.21	5.68	6.6	6.17
Nopember	6	16.2	8.66	10.8	50.4	27.96	2.6	17.8	6.88	5.66	10.1	6.94
Desember	11.6	88.5	35.28	23.9	449.8	59.07	13.2	102.7	40.05	18.98	48	28.69

2. Data Kualitas Air Kali Surabaya

a. Kualitas Air Berdasarkan Perum Jasa Tirta (2011-2015)

Lokasi		Tambangan Cangkir	Tambangan Bambe	IPAM Karangpilang	Jembatan Sepanjang	Bendungan Gunungsari
SUHU (°C)	Min	27.1	27.62	26.92	26.82	26.4
	Max	31.02	31.3	31.2	31.1	30.06
	Rata2	29.023	29.309	28.917	28.906	28.477
TSS (mg/L)	Min	10.632	9.020	12.178	15.212	18.953
	Max	536.800	498.400	455.000	643.600	597.400
	Rata2	139.717	123.044	137.307	175.706	160.539
Ph	Min	7.446	7.362	7.274	7.264	7.240
	Max	8.025	7.964	8.030	8.006	7.970
	Rata2	7.100	6.950	7.150	7.020	7.150
BOD ₅ (mg/L)	Min	2.520	2.818	3.939	3.019	2.890
	Max	15.180	8.432	7.575	7.990	8.230
	Rata2	5.485	5.186	5.414	4.737	4,745
COD(mg/L)	Min	6.146	7.470	8.978	7.080	6.336
	Max	37.428	21.550	17.892	19.504	17.840
	Rata2	13.581	13.013	12.966	11.750	11.157

Lokasi		Tambangan Cangkir	Tambangan Bambe	IPAM Karangpilang	Jembatan Sepanjang	Bendungan Gunungsari
DO (mg/L)	Min	3.859	3.542	3.401	3.162	3.772
	Max	8.880	8.709	8.648	7.844	7.559
	Rata2	6.500	5.560	5.563	5.720	6.420
Fosfat (mg/L)	Min	0.763	0.753	0.675	0.651	0.519
	Max	1.635	1.688	1.690	1.443	1.710
	Rata2	1.146	1.113	1.078	1.051	0.944
Nitrat (mg/L)	Min	1.052	0.913	1.370	1.294	1.413
	Max	2.459	2.769	2.633	2.619	3.086
	Rata2	1.953	1.930	2.014	1.954	2.096
NH4 (mg/L)	Min	0.053	0.053	0.094	0.046	0.086
	Max	0.772	0.752	0.406	0.581	0.631
	Rata2	0.235	0.325	0.238	0.259	0.307

b. Kualitas Air Berdasarkan Sampling (30 Maret 2016)

Lokasi	Tambangan Cangkir	Tambangan Bambe	IPAM Karangpilang	Jembatan Sepanjang	Bendungan Gunungsari
Suhu	29	29	29	29	29
	28.5	29.5	28.5	28	28.5

Lokasi	Tambangan Cangkir	Tambangan Bambe	IPAM Karangpilang	Jembatan Sepanjang	Bendungan Gunungsari
pH	7	7	7	7	7.1
	7.1	7	7	7	7.1
TSS	216	148	188	304	212
	187	165	143	221	198
DO	4.140	4.140	3.960	3.780	3.420
	3.820	3.650	3.400	3.120	3.010
BOD	11.960	9.460	9.960	10.960	7.960
	9.254	7.891	7.345	11.987	9.892
COD	30.985	50.985	63.747	56.429	47.366
	40.235	38.231	56.132	48.091	30.231
Phosfat	0.181	0.204	0.143	0.196	0.187
	0.298	0.248	0.216	0.276	0.219
Nitrat	1.379	1.283	1.333	0.982	1.324
	1.432	1.345	1.560	1.110	1.245
Amonium	0.075	0.064	0.042	0.097	0.051
	0.086	0.077	0.044	0.032	0.067

3. Perhitungan Debit *Diffuse Sources*

Lokasi (KM)	Jumlah Rumah	Penghuni Tiap Rumah	Jumlah Penduduk	Debit Air Limbah (L/hari)	Debit air Limbah (m3/detik)
(a)	(b)	(c)	(d) =(b) x (c)	(e) = (d) x (80% x AM)	(f) = (e)/(86400x1000)
13,00 - 11,70	1800	4	7200	864000	0.0100
11,20 - 10,60	1741	4	6964	835680	0.0097
9,40 - 7,50	900	4	3600	432000	0.0050
7,00 - 5,60	1148	4	4592	551040	0.0064
5,60 - 5,00	720	4	2880	345600	0.0040
5,00 - 4,80	221	4	884	106080	0.0012
4,80 - 4,30	900	4	3600	432000	0.0050
4,30 - 3,90	900	4	3600	432000	0.0050
3,90 - 2,80	1338	4	5352	642240	0.0074
2,80 - 1,00	1800	4	7200	864000	0.0100
1,00 - 0,00	900	4	3600	432000	0.0050

Catatan : AM = Kebutuhan air minum tiap orang per hari (150 L/hari.orang)

LAMPIRAN C

WORKSHEET QUAL2KW

Untuk menjalankan QUAL2Kw, diperlukan input nilai kedalam beberapa worksheet (lembar kerja) pada Microsoft Excel dari QUAL2Kw. Pada lampiran ini ditampilkan screenshoot dari worksheet-worksheet tersebut dengan urutan dari data yang perlu di masukkan pertama kali hingga terakhir kali. Worksheet yang ditampilkan di lampiran ini merupakan worksheet dari hasil pembentukan model atau scenario 1.

1. Worksheet QUAL2K

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi dasar mengenai model yang ingin dibentuk. Dari nama sungai, direktori lokasi simpan file, waktu hingga metode simulasi.

System ID:	
River name	Kali Serayu 2014
Saved file name	KS_QIC_v1.kai
Directory where the input/output files are saved	
Month	3
Day	30
Year	2014
Local standard time zone relative to UTC	7 hours
Daylight savings time	No
Simulation and output options	
Calculation step	3 minutes
Number of days	2 days
Solution method (integration)	Euler
Solution method (diff)	Bisecton
Simulate hypoxia: exchange and pore water quality	Level 1
Display dynamic data output	No
Store variables for simulation	All
Simulate sediment diagenesis	No
Simulate alkalinity change due to nutrient change	No
With dynamic output of water quality	No
Calculation options	
Program determined calc step	2.5125 minutes
Time elapsed during last model run	0.20 minutes
Time of sunrise	5:32 AM
Time of solar noon	11:33 AM
Time of sunset	5:34 PM

Worksheet QUAL2Kw

2. Worksheet Headwater

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan debit aliran dan konsentrasi parameter kualitas air dari hulu sungai.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	QUAL2Kw							
2	Stream Water Quality Model							
3	Kali Surabaya 2016 (3/30/2016)							
4	Headwater and Downstream Boundary Data:							
5								
6								
7	Headwater Flow	51.239 m ³ /s						
8	Prescribed downstream boundary?	Yes						
9	Headwater Water Quality	Units	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM
10	Temperature	°C	29.02	29.02	29.02	29.02	29.02	29.02
11	Conductivity	umhos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Inorganic Solids	mg/L	139.72	139.72	139.72	139.72	139.72	139.72
13	Dissolved Oxygen	mg/L	6.39	6.39	6.39	6.39	6.39	6.39
14	CBOD ₅	mgO ₂ /L						
15	CBOD _{inf}	mgO ₂ /L	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48	5.48
16	Organic Nitrogen	mg/L						
17	NH ₄ -Nitrogen	mg/L	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00	240.00
18	NO ₃ -Nitrogen	mg/L	1950.00	1950.00	1950.00	1950.00	1950.00	1950.00
19	Organic Phosphorus	mg/L						
20	Inorganic Phosphorus (PO ₄)	mg/L	1150.00	1150.00	1150.00	1150.00	1150.00	1150.00
21	Phytoplankton	mg/L						
22	Detritus (PGM)	mg/L						
23	Pathogen	1/u/100 ml						
24	Generic constant	user defined	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80	13.80
25	Alkalinity	mgCaCO ₃ /L	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
26	pH	n.a.	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
27	Downstream Boundary Water Quality (optional)	Units	12:00 AM	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM
28	Temperature	°C						
29	Conductivity	umhos						
30	Inorganic Solids	mg/L						
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

Headwater

3. Worksheet Reach

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi terkait segmen-segmen (*reaches*) sungai yang telah dibuat pada tahap pembagian segmen sebelumnya.

G18 = 0															
1	QUAL2Kw														
2	Stream Water Quality Model														
3	Kali Surabaya 2015 (3/30/2016)														
4	Reach Data:														
5															
6	Reach for dial plot:		4		← change dial plots to this reach										
7															
8	Reach	Downstream	Reach	length	Downstream	Downstream	Elevation		Downstream						
9	Label	end of reach label	Number	(km)	Latitude	Longitude	Upstream	Downstream	Degrees	Minutes	Seconds	Degrees	Minutes	Seconds	
10		Indra (A)	0		-7.36	-112.42	13,000	13,000	-7.36	21	51	-112.42	37	58	
11	Segmen Tambangan Cengkih Tambangan/aa		1	3.60	-7.35	-112.44	9,400	13,000	-7.35	21	4	-112.44	39	45	
12	Segmen Tambangan Bumbu JPAM Karas/ab		2	3.75	-7.35	-112.48	5,650	12,000	-7.35	20	53	-112.48	40	51	
13	Segmen Intake KP Jembatan Sepanjang/ac		3	1.75	-7.34	-112.79	3.5	11,000	-7.34	20	36	-112.79	41	43	
14	Segmen Jembatan Sepanjang Bongsong/ad		4	3.50	-7.31	-112.72	0.0	10,000	-7.31	18	29	-112.72	43	11	
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
QUAL2Kw Sewerwater Reach Reach Rates Initial Conditions Air Temperature Dew Point Temperature Wind Speed Cloud Cover Shading Solar V 11 11															
Ready 100% 100%															

Worksheet Reach

4. Worksheet Meteorologi dan Shading

Digunakan enam lembar kerja untuk memasukkan data meteorologis dan shading, yaitu temperature udara (*air temperature*), kelembaban udara (*dew-point temperature*), kecepatan angin (*wind speed*), tutupan awan (*cloud cover*), teduhan (*shade*) dan sinar matahari (*solar*). Kesemua worksheet parameter tersebut memiliki gaya umum yang sama, yaiu:

- Nilai parameter per jam untuk masing-masing *reach* dimasukkan dalam kolom G sampai AD. Jika nilai-nilainya konstan selama siklus harian, dimasukan nilai rata-ratanya dalam kolom G (12:00 AM) dan kosongkan sel lainnya (kolom H sampai AD). QUAL2Kw secara otomatis akan menerapkan nilai dari 12:00 AM ke waktu-waktu lainnya.
- Informasi *reach* (yang sebelumnya dimasukkan pada *worksheet Reach*) ditampilkan dalam kolom A sampai F.

a. Air Temperature

Lembar kerja ini digunakan untuk memasukka suhu udara per jam (°C) untuk tiap-tiap *reach*.

Reach Label	Description Label	Source Number	Conc. (°C)	1:00 AM	2:00 AM	3:00 AM	4:00 AM	5:00 AM	6:00 AM	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM
17 000 (S)	Segmen Tambora-Parigi	5	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35	11.35
17 001	Segmen Tambora-Parigi	6	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80
17 002	Segmen Parigi-Paniki	5	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15
17 003	Segmen Paniki-Paniki	6	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90

Air Temperature

a. **Dew Point Temperature**

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan suhu titik embun per jam ($^{\circ}\text{C}$) untuk masing-masing *reach*.

Reach Label	River Label	Cross-section Label	Hourly Number	Distance km	Dew Point Temperature (°C)
24	Segmen Lembangjati		1	12.00	24.00
24	Segmen Lembangjati		2	9.40	24.00
24	Segmen Sekeloa RT. Jati		3	5.45	24.00
24	Segmen Jemberan Sakti		4	1.50	24.00

Dew Point Temperature

b. **Wind speed**

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan kecepatan angin per jam (meter/detik) untuk masing-masing *reach*.

d. **Shade**

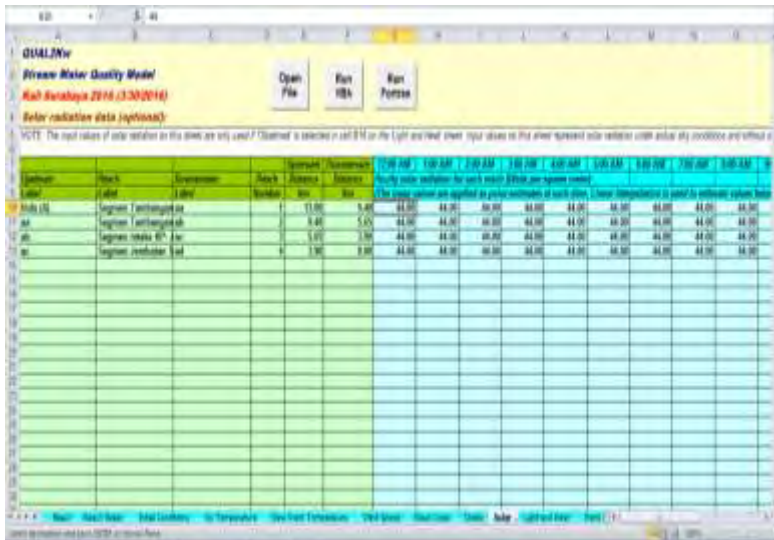
Shading dinyatakan sebagai persentase radiasi cahaya matahari yang terhalang karena topografi dan vegetasi.

Station	Date	Time	Shade	Observed	Calculated	Error
Mula (0)			0	0.00	0.00	0.00
Segmen Tembaga			0	0.00	0.00	0.00
Segmen Tembaga			0	0.00	0.00	0.00
Segmen Tembaga			0	0.00	0.00	0.00

Shade

a. **Solar**

Nilai *input* untuk radiasi matahari pada worksheet ini hanya digunakan jika 'Observed' dipilih pada sel B16 di worksheet 'Light and Heat'. Nilai yang dimasukkan di worksheet ini mewakili radiasi matahari pada kondisi langit aktual dan tanpa *shading* dari vegetasi dan topografi.



Solar

5. Worksheet Sumber Pencemar

a. Point Sources

Worksheet ini digunakan untuk memasukkan informasi terkait dengan sumber pencemar yang berupa point source. Data yang perlu diisikan dalam sel-sel di *worksheet* ini dijelaskan sebagai berikut:

- **Name:** Label sebagai penamaan titik sumber pencemar yang ditentukan oleh pengguna.
- **Location:** Kilometer dimana sumber pencemar masuk atau keluar sungai.
- **Point Inflow:** Debit sumber pencemar yang masuk ke dalam sungai. Jika diisi, maka *Point Abstraction* harus dinolkan.
- **Point Abstraction :** Debit sumber pencemar masuk kedalam sungai. Jika diisi, maka *Point Inflow* harus dinolkan.

- [illegible]

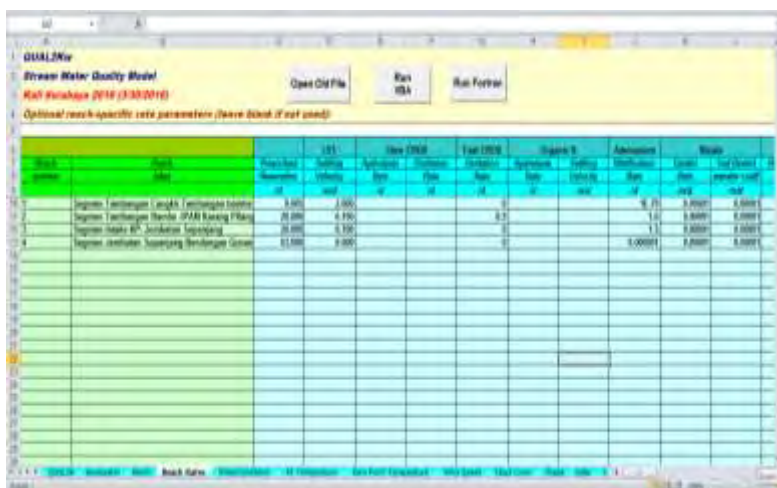
b. Diffuse Sources

- **Name:** Label sebagai penamaan titik sumber pencemar yang ditentukan oleh pengguna.
- **Location:** Kilometer hulu dan hilir dimana sumber pencemar masuk atau keluar sungai dimana.
- **Diffuse Inflow:** Debit sumber pencemar yang masuk ke dalam sungai. Jika diisi, maka *Diffuse Abstraction* harus dinolkan.
- **Diffuse Abstraction :** Debit sumber pencemar masuk kedalam sungai. Jika diisi, maka *Diffuse Inflow* harus dinolkan.

- [illegible]

6. Worksheet Reach Rates dan Rates

xxxvi



Reach Rates



Rates

7. **Worksheet Data**

Sebuah susunan *worksheet* digunakan untuk memasukkan data untuk ditampilkan dalam plot model. Model akan berjalan terlepas apakah lembaran ini memiliki data atau tidak. Hal ini ditunjukkan oleh label kuning muda.

a. **Hydraulics Data**

Lembar kerja ini digunakan untuk memasukkan data terkait dengan sistem hidrolik sungai. Parameter di dalamnya dijelaskan sebagai berikut:

- *Distance* : jarak (km) dimana data hidrolik diplot.
- *Q-data* : data aliran dalam m^3 /detik.
- *H-data* : data kedalaman dalam m.
- *U-data* : data kecepatan dalam m/s.
- *Travel time data* : waktu perjalanan dalam hari.


Distance (km)	Q-data (m³/s)	H-data (m)	U-data (m/s)	Travel Time (days)
13.000	51.238	2.960	0.410	0.000
9.400	51.238	2.960	0.410	0.000
5.650	44.538	4.310	0.220	0.000
3.900	44.538	4.310	0.220	0.000
0.000	36.389	3.950	0.200	0.000

Hydraulics Data

b. Temperature Data

Lembar kerja ini digunakan untuk memasukkan data temperatur. Parameter di dalamnya dijelaskan sebagai berikut:

- *Distance* : jarak (km) dimana data suhu diplot.
- *Mean Temp-data* : temperatur rata-rata (°C)
- *Minimum Temp-data* : temperatur minimum (°C)
- *Maximum Temp-data*: temperatur maksimum (°C)



	Distance x(km)	Mean Temp-data	Minimum Temp-data	Maximum Temp-data
9	13.000	29.02	27.10	31.02
10	9.400	29.31	27.62	31.30
11	5.650	28.92	26.92	31.20
12	3.900	28.91	26.82	31.10
13	0.000	28.48	26.40	30.06
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Temperature Data

c. WQ Data

Lembar kerja ini digunakan untuk memasukkan nilai rata-rata untuk data kualitas air sungai yang akan diplotkan sebagai data (titik kotak hitam) pada grafik model. Parameter kualitas air sungai yang dimasukkan ialah ISS, DO, CBOD_f, NH₄, NO₃, pH, dan *Generic Constituent* (COD).

QUAL2Kw
Stream Water Quality Model

File Run Run
File VBA Fortran

Water Quality Data:

Reach	Date	BOD (mg/L)	DO (mg/L)	NH4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	Temp (°C)	pH	Alkal (mg/L)	Hard (mg/L)	Clor (mg/L)	Debit (m³/s)
11	1/1/00	125.11	6.40	0.00	0.00	23.11	1001.21	0.00	1180.00	0.00	0.00
12	1/1/00	121.04	5.50	0.00	0.00	23.26	1020.42	0.00	1111.21	0.00	0.00
13	1/1/00	117.10	5.00	0.00	0.00	23.41	2040.80	0.00	1000.00	0.00	0.00
14	1/1/00	113.16	4.50	0.00	0.00	23.56	1001.71	0.00	1000.00	0.00	0.00
15	1/1/00	109.22	4.00	0.00	0.00	23.71	1000.00	0.00	1000.00	0.00	0.00

WQ Data

8. Worksheet Output

Worksheet ini memperlihatkan table berisi nilai numerik hasil dijalkannya program QUAL2Kw. Informasi ini diperlihatkan di dalam tabel yang dapat diidentifikasi dengan judul kolom yang berwarna hijau muda.

a. Source Summary

Worksheet ini menampilkan jumlah beban per hari untuk setiap *reach*. Dari *worksheet* inilah beban pencemar untuk setiap skenario dihitung. Tiap skenario bisa menghasilkan debit dan konsentrasi yang berbeda.

Sebagai informasi tambahan, sel B1 memberi keterangan apakah output pada running model terakhir dilakukan oleh versi VBA atau versi Fortran dari QUAL2Kw.

[illegible]

Source Summary

b. Hydraulics Summary

Worksheet ini menampilkan parameter hidrolik sungai untuk setiap reach.

[illegible]

Hydraulics Summary

c. Temperature Output

Worksheet ini menampilkan output suhu setiap reach.

Reach Label	Distance (km)	Temp(C) Average	Temp(C) Minimum	Temp(C) Maximum
Dulu (A)	13.00	29.02	29.02	29.02
Segmen Jembatan 1	11.20	28.84	28.68	29.16
Segmen Jembatan 2	7.53	28.65	28.38	29.87
Segmen Jembatan RP 3	4.78	28.56	28.23	29.89
Segmen Jembatan 5	1.95	28.35	27.97	28.78
Terminus	0.00	28.35	27.97	28.78

Temperature Output

d. Water Quality (WQ) Output

Worksheet ini menampilkan output konsentrasi kualitas parameter air yang telah ditentukan untuk setiap reach.

Reach Label	Flow (cms)	Flow (cms)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	CBOD (mg/L)	SS (mg/L)	TP (mg/L)	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	Amo (mg/L)	Temp (C)	Flow (cms)	Flow (cms)
Dulu (A)	11.00	0.00	119.00	4.30	0.00	5.00	0.00	140.00	190.00	0.00	29.02	11.00	0.00
Segmen Jembatan 1	11.20	0.00	119.00	3.84	0.00	5.00	0.00	140.00	190.00	0.00	28.84	11.20	0.00
Segmen Jembatan 2	7.53	0.00	119.00	3.89	0.00	5.00	0.00	141.80	190.00	0.00	28.65	7.53	0.00
Segmen Jembatan RP 3	4.78	0.00	119.00	3.84	0.00	5.00	0.00	141.21	190.00	0.00	28.56	4.78	0.00
Segmen Jembatan 5	1.95	0.00	119.00	4.30	0.00	5.00	0.00	141.80	190.00	0.00	28.35	1.95	0.00
Terminus	0.00	0.00	119.00	4.30	0.00	5.00	0.00	141.80	190.00	0.00	28.35	0.00	0.00

Water Quality (WQ) Output

LAMPIRAN D

PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

1. Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,1 N
2. Kristal perak sulfat (Ag_2SO_4) dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Kristal merkuri sulfat (Hg_2SO_4)
4. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N
5. Larutan indikator Fenantrolin Fero Sulfat (Feroin)
6. Erlenmeyer 250 mL 2 buah
7. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
8. Alat refluks dan pemanasnya
9. Pipet 5 mL, 10 mL
10. Pipet tetes 1 buah
11. Beker glass 50 mL, 1 buah
12. Gelas ukur 25 mL, 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Masukkan 0,4 gram kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing erlenmeyer.
2. Tuangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air akuades (sebagai blangko) ke dalam masing-masing erlenmeyer.
3. Tambahkan 10 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ N.
4. Tambahkan 25 mL larutan campuran Ag_2SO_4 .
5. Alirkan pendingin pada kondensor dan pasang erlenmeyer COD.
6. Nyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam.
7. Biarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air akuades melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Lepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator Feroin.
10. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart FAS 0,05 N hingga warna menjadi merah coklat.

11. Hitung COD sampel dengan rumus,

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol sampel}} \times p$$

Keterangan :

A : mL FAS titrasi blanko

B : mL FAS titrasi sampel

N : normalitas larutan FAS

P : pengenceran

2. Analisa BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan

1. 1 buah labu ukur berukuran 500 mL
2. 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL
3. 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL
4. Inkubator suhu 20°C

Prosedur Analisis:

1. Sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran dituangkan ke dalam labu ukur kemudian ditambahkan air pengencer hingga tanda batas.
2. Sampel yang telah diencerkan dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati – hati.
3. Air pengencer dituangkan kedalam 1 botol winkler 300 mL dan 1 botol winler 150 mL hingga tumpah kemudian ditutup dengan hati- hati.
4. Larutan dalam botol winkler 300 mL dimasukkan ke dalam inkubator 20 °C selama 5 hari.
5. Perhitungan nilai BOD dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BOD_5^{20} \text{ (mg/L)} = \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)] \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}$$

Keterangan :

X₀ : DO sampel pada t = 0

X₅ : DO sampel pada t = 5

Bo : DO blan

ko pada $t = 0$

B₅ : DO blanko pada $t = 5$

P : derajat pengenceran

3. Analisa DO (*Dissolved Oxygen*)

Alat dan Bahan

1. Larutan mangan sulfat (MnSO₄)
2. Larutan pereaksi oksigen
3. Larutan asam sulfat (H₂SO₄) pekat
4. Indikator amilum 0,5 %
5. Larutan standart Natrium tiosulfat 0,0125 N
6. Botol Winkler 150 mL 1 buah
7. Gelas Ukur 100 mL 1 buah
8. Erlenmeyer 250 mL 1 buah
9. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
10. Beker glass 50 mL 1 buah
11. Pipet 5 mL dan 10 mL
12. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil sampel langsung dengan cara memasukkan botok winkler ke dalam air sampai botol winkler penuh dan tutup.
2. Tambahkan 1 mL larutan mangan sulfat (MnSO₄)
3. Tambahkan 1 mL larutan pereaksi oksigen.
4. Botol ditutup dengan hati – hati agar tidak ada gelembung udaranya, kemudian dibolak-balikkan.
5. Gumpalan yang terbentuk dibiarkan mengendap selama 5 – 10 menit.
6. Tambahkan 1 mL larutan H₂SO₄ pekat, tutup dan balik-balikan botolbeberapa kali sampai endapan hilang
7. Tuang 100 mL air ke dalam erlenmeyer 250 mL dengan menggunakan gelas ukur 100 mL.
8. Tambahkan 3 – 4 tetes indikator Amilum.
9. Titrasi dengan larutan Natrium tiosulfat 0,0125 N hingga warna biru hilang yang pertama kali.
10. Hitung oksigen terlarut dengan menggunakan rumus:

$$DO \text{ (mg/L)} = \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}}$$

Keterangan :

a : volume titran (mL)

N : normalitas larutan Na-tiosulfat (0,0125 N)

100 MI : voume sampel yang digunakan dalam titrasi

4. Analisis Nitrat (NO_3^-)

Alat dan Bahan

1. Larutan brucin asetat
2. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat
3. Erlenmeyer 50 ml 2 buah
4. Spektrofotometer dan kuvet
5. Pipet 10 ml dan 10 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 50 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 2 ml
2. Tambahkan 2 ml larutan brucin asetat
3. Tambahkan 4 ml larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat
4. Aduk dan biarkan selama 10 menit
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 μm
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

5. Analisis Amonium (NH_4^+)

Alat dan Bahan

1. Larutan garam signet
2. Larutan Nessler
3. Spektrofotometer dan kuvet
4. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
5. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
2. Tambahkan 1 ml larutan Nessler
3. Tambahkan 1,25 ml larutan garam signet

4. Aduk dan biarkan selama 10 menit
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 μm
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

6. Analisis Fosfat (PO_4^{3-})

Alat dan Bahan

1. Larutan Amonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
2. Larutan klorid timah (SnCl)
3. Erlenmeyer 100 ml 2 buah
4. Spektrofotometer dan kuvet
5. Pipet 25 ml, 10 ml, dan 5 ml
6. Pipet tetes 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 100 ml, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquadest (sebagai blanko) sebanyak 25 ml
2. Tambahkan 1 ml larutan Amonium molybdate
3. Tambahkan 2-3 tetes larutan klorid timah
4. Aduk dan biarkan selama 7 menit
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 μm
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dihitung dengan rumus hasil kalibrasi atau dibaca dengan kurva kalibrasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Nur Aini Febriyana dilahirkan di Sampang, 13 Februari 1994. Penulis adalah anak pertama dari pasangan Huzaini dan Siti Noor Azizah. Penulis mempunyai adik yang bernama Devi Auliya Andayani. Penulis memulai pendidikan formalnya dari TK Pembangunan, SDN Karang Dalam 1 Sampang, SMPN 1 Sampang, SMAN 1 Sampang, dan akhirnya diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan-FTSP-ITS pada tahun

2012 dengan NRP 3312100025 melalui jalur SNMPTN Tulis. Pada tahun 2016 penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari dengan Pemodelan QUAL2Kw”. Selama menjadi mahasiswa penulis mendapatkan beasiswa dari Bank Mandiri Peduli Pendidikan dan Beasiswa Karya Salemba Empat. Penulis tidak hanya aktif di bidang akademik tetapi juga aktif di bidang non akademik. Penulis aktif di beberapa kegiatan ormawa dalam bidang riset dan teknologi seperti di Jurusan (HMTL), Trainer Keilmiah Institut (BEM ITS) maupun di luar ITS (FORMAS dan Karya Salemba Empat).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan metode QUAL2Kw sebagai berikut.

1. Aplikasi metode QUAL2Kw dalam mengevaluasi Kali Surabaya dengan simulasi 6 skenario menghasilkan air kualitas Kali Surabaya tercemar dan tidak memenuhi baku mutu air kelas II sehingga harus dilakukan upaya penurunan beban pencemaran pada parameter BOD, TSS dan Fosfat.
2. Parameter yang memiliki daya tampung hanya meliputi Nitrat, dan Amonium. Perhitungan daya tampung beban pencemaran maksimum untuk parameter Nitrat sebesar 21414,730 kg/hari dan parameter Amonium sebesar 468,073. Sedangkan daya tampung minimum parameter Nitrat sebesar 1,733 kg/hari dan parameter Amonium sebesar 120,666 kg/hari.
3. Beban pencemaran air Kali Surabaya yang harus diturunkan sebesar 65518,647 kg/hari untuk parameter TSS, BOD sebesar 6896,759 kg/hari, dan Fosfat sebesar 357,707 kg/hari.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari tugas akhir untuk perhitungan daya tampung beban pencemaran dengan metode QUAL2Kw ini

1. Adanya kajian lebih lanjut dengan skenario yang lain, seperti variasi pada kondisi kualitas air dan debit sungai.
2. Sebaiknya dilakukan kajian pendahuluan yang cukup mendalam untuk memprediksi data *non-point source*.

DAFTAR PUSTAKA

- Astono,W. dan Sri S. 2008. Pengembangan Model DO-BOD Dalam Pengelolaan Kualitas Air Sungai. **Forum Pascasarjana**. Vol 31 (1): 37-45.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. 2011. **Status Lingkungan Hidup Kota Surabaya**. ISSN 1978-3663. Surabaya.
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Jawa Timur. 2008. **Kajian Perhitungan Daya Tampung Pencemaran**. Surabaya.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Surabaya. 2015. **Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Surabaya Tahun 2010-2015**. Surabaya
- Chapra,S. 1997. **Surface Water Quality Modelling**. Toronto : The McGraw Hill.
- Effendi,H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Jakarta.
- Faizal,A dan Desy A. 2015. Waspada Pencemaran Kali Surabaya Saat Musim Libur Lebaran. **Kompas**.
- Fardiaz,S., 1992. **Mikrobiologi Pangan I**. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fatmawati,R, Masrevaniah, Aniek, dan Solichin. 2012. Kajian Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Ngrowo dengan Menggunakan Paket Program QUAL2Kw. **Jurnal Teknik Pengairan**. Vol.3, No.2,Desember 2012,Pp.122–131.
- Gazali,I., Bambang R.W, dan Ruslan W. 2013. Evaluasi Dampak Pembuangan Limbah Cair Pabrik Kertas Terhadap Kualitas Air Sungai Klintar Kabupaten Nganjuk. **Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem**, Vol.1 No.2,Juni 2013, Pp.1-8.
- Graha, I Made S dan Nieke K. 2015. **Identifikasi Air Kali Dami Kota Surabaya dengan Metode QUAL2Kw**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Hammer, Mark dan Warran V. 1977. **Water Supply and Pollution Control**. New York: Harper and Row Publisher, Inc.
- Hendrasarie, N., dan Cahyarani. 2010. Kemampuan Self Purification Kali Surabaya, Ditinjau Dari Parameter Organik Berdasarkan Model Matematis Kualitas Air. *Environmental Teknologi: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.2, No.1. Pp.1-11.
- Kannel, Prakash Raj, Lee S, Lee Y. S, Kanel S. R, Pelletier G. J. 2007. Application of Automated QUAL2Kw for Water Quality Modeling and Management In The Bagmati River, Nepal. **Ecological Modelling**. 202 (2007), Pp. 503-517.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1995. **Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri**. Nomor 51 Tahun 1995. Jakarta.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 2003. **Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Pada Sumber Air**. Nomor 110 Tahun 2003. Jakarta
- Marganof. 2007. **Model Pengendalian Pencemaran Perairan Di Danau Maninjau Sumatra Barat**. Bogor: Laporan hasil penelitian Sekolah Pasca Sarjana, IPB Bogor.
- Moersidik dan Rahma W. 2011. **Daya Tampung Beban Pencemaran DAS Ciliwung**. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Pelletier, G dan S. Chapra. 2006. **QUAL2Kw User Manual (version 5.1): A Modelling Framework or Simulating River and Stream Water Quality**. Washington: Environmental Assessment Program, Olympia.
- Pelletier, G dan S. Chapra. 2008. **QUAL2Kw Theory and Documentation**. Washington State Of Ecology page 4. Washington: Environmental Assessment Program, Olympia.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur. 2008. **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air di Provinsi Jawa Timur**. Nomor 2 Tahun 2008. Surabaya.

- Peraturan Gubernur Jawa Timur. 2010. **Penetapan Kelas pada Air Sungai**. Nomor 61 Tahun 2010. Surabaya.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. **Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air**. Nomor 01 Tahun 2010. Surabaya.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. **Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air**. Nomor 82 Tahun 2001. Jakarta.
- Rahayu S, Tontowi. 2005. Penelitian Kualitas Air Sungai di Lokasi-Lokasi Alamiah dalam Rangka Pemanfaatan Air dan Kajian Terhadap Kriteria Mutu Air yang Berlaku. **Jurnal Penelitian & Pengembangan Pengairan**. Vol.19. No. 55 : 31-38.
- Rusnugroho, A dan Ali M. 2012. **Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Madiun (Segmen Wilayah Kota Madiun) Menggunakan QUAL2Kw**. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Saraswati,M, dkk. 2013. **Analisis Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Mangetan Kanal Kabupaten Sidoarjo dengan Metode QUAL2Kw**. Surabaya: Teknik Lingkungan FTSP ITS.
- Sawyer, Clair N, dkk, 2003. **Chemistry For Environmental Engineering And Science Fifth Edition**. McGraw-Hill:Newyork.
- Sastrawijaya, A.T. 2000. **Pencemaran Lingkungan**. Jakarta: Rineka Cipta
- Sugiharto.1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Suwari, Etty Riani, Bambang P, dan Ita D. 2010. **Model Pengendalian Pencemaran Air pada Wilayah Kali Surabaya**. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Suwari, Philipi de Rozari.2011. **Penentuan Prioritas Kegiatan Reduksi Beban Pencemaran Kali Surabaya Menggunakan Analytical Hierarchy Process..** Media Exacta.Vol 11

- Syafi'i, M dan Ali M. 2011. **Aplikasi Model Simulasi Komputer QUAL2Kw pada Studi Pemodelan Kualitas Air Kali Surabaya.** Jawa Timur. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Thomann, R.V. 1987. **Principles of Surface Water Quality Modeling and Control.** New York: McGraw Hill.
- Thornton, 2001. **Pollutant in Urban Waste Water and Sewage Sludge.** European Communities. Luxembourg.
- Trilaksono, G., Sudarno, dan Dwi S. H. 2014. **Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Melalui Pendekatan Software Qual2e Dan Metode Neraca Massa :Studi Kasus Sungai Garang, Jawa Tengah.** Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wiwoho, 2005. **Model Identifikasi Daya Tampung Beban Cemaran Sungai Dengan Qual2e :Studi Kasus Sungai Babon.** Thesis. Universitas Diponegoro.Semarang

BIOGRAFI PENULIS



Nur Aini Febriyana dilahirkan di Sampang, 13 Februari 1994. Penulis adalah anak pertama dari pasangan Huzaini dan Siti Noor Azizah. Penulis mempunyai adik yang bernama Devi Auliya Andayani. Penulis memulai pendidikan formalnya dari TK Pembangunan, SDN Karang Dalam 1 Sampang, SMPN 1 Sampang, SMAN 1 Sampang, dan akhirnya diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Lingkungan-FTSP-ITS pada tahun 2012 dengan NRP 3312100025 melalui jalur SNMPTN Tulis. Pada tahun 2016 penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran Air Kali Surabaya Segmen Tambangan Cangkir – Bendungan Gunungsari dengan Pemodelan QUAL2Kw”. Selama menjadi mahasiswa penulis mendapatkan beasiswa dari Bank Mandiri Peduli Pendidikan dan Beasiswa Karya Salemba Empat. Penulis tidak hanya aktif di bidang akademik tetapi juga aktif di bidang non akademik. Penulis aktif di beberapa kegiatan ormas dalam bidang riset dan teknologi seperti di Jurusan (HMTL), Trainer Keilmiah Institut (BEM ITS) maupun di luar ITS (FORMAS dan Karya Salemba Empat).